

INDICE DE CONTENIDOS

PAGINAS

INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
HIPÓTESIS	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DEL SORGO. ...	9
PRODUCCIÓN MUNDIAL.....	9
PRODUCCIÓN NACIONAL DE SORGO.	13
ESTUDIOS SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL SORGO EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA.....	14
EMPLEO DE SORGO EN EL CONSUMO HUMANO.	14
CUALIDADES DEL SORGO.....	15
CALIDAD DE LOS ALIMENTOS PREPARADOS CON SORGO.....	16
PREPARADOS CULINARIOS.	16
PRODUCTOS A BASE DEL SORGO.....	17
PANES Y OTROS PRODUCTOS HORNEADOS.	17
PASTA Y TALLARINES.....	19
BEBIDAS TRADICIONALES.	19
MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD NUTRICIONAL.	21
ANÁLISIS PROXIMAL.	21
VARIANTES EN LA COMPOSICIÓN DEL GRANO.	22
CARBOHIDRATOS.	24
PROTEÍNAS.....	25
LÍPIDOS.	27
MINERALES.....	27
VITAMINAS.....	29
FIBRA DIETÉTICA.	29
INHIBIDORES NUTRICIONALES Y FACTORES TOXICOS.....	31
FITATO.	31
POLIFENOLES.	32
TANINOS.....	32
MATERIALES Y MÉTODOS	35
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA VANSB-2000	36
PRUEBAS FÍSICAS DE LA VANSB- 2000	36

PRUEBA DE HUMEDAD.	36
PRUEBA DE PUREZA.	37
PESO VOLUMÉTRICO EN HECTOLITROS (HL)	38
PESO DE 1000 SEMILLAS.	39
VARIABLE DE CALIDAD DE SEMILLA.....	40
CAPACIDAD DE GERMINACIÓN.	40
PRUEBA DE VIGOR.	42
ANÁLISIS PROXIMAL.	46
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.	46
DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA.	47
EXTRACTO ETÉREO.	50
MATERIAL MINERAL O CENIZA.....	51
DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA (MÉTODO DE WEENDE)	52
DIGESTIÓN ACIDA.....	53
DIGESTIÓN ALCALINA.....	54
EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO. (ELN)	54
NITRÓGENO. (PARA MUESTRAS LIBRES DE NITRATOS)	55
PRUEBAS DE NIXTAMALIZACIÓN REALIZADAS EL 28/MAYO/2002, EN EL LABORATORIO DE NIXTAMALIZACIÓN DEL INSTITUTO MEXICANO DEL MAÍZ DE LA U. A. A. N. EN MUESTRAS DE SORGO BLANCO (VAN- SB2000) Y MAÍZ CRIOLLO.....	56
FIGURA 1.- ESQUEMA DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN, OBTENCIÓN DE LA MASA 	57
SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE SORGO CON CARACTERÍSTICAS DESEABLES.....	62
SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE SORGO POR EL MÉTODO DE DENSIDAD VARIABLE USADA PARA MAÍCES PALOMEROS.....	62
CAPACIDAD DE EXPANSIÓN DEL GRANO.	64
DENSIDAD VARIABLE.....	64
DENSIDAD ESPECÍFICA DE LA MUESTRA.....	65
CALIDAD EN SORGOS PALOMEROS NORMALES O BÚSQUEDA DE MAYORES RENDIMIENTOS POR HECTÁREA.....	65
SEPARACIÓN DE LA SEMILLA (DENSIDAD):	66
PRUEBA DE RESISTENCIA (GERMINACIÓN) A SEQUÍA CON MANITOL COMO SECUESTRADOR DE HUMEDAD.....	67
EVALUACIÓN DE 10 SEMILLAS POR TACO CON MANITOL (- 5 BARES) PRUEBA DE SEQUÍA.	68
PREGUNTAS REALIZADAS EN LA ENCUESTA CON RELACIÓN A PRODUCTOS ELABORADOS BASÁNDOSE EN SORGO BLANCO (VAN- SB2000), LOS DIAS 8 Y 9 DE JUNIO DEL 2002 EN EXPOAMBIENTE.	68
RESULTADOS Y DISCUSIONES	70

PRUEBA DE HUMEDAD	70
PRUEBA DE PUREZA.....	70
PESO VOLUMÉTRICO EN HECTOLITROS (HL)	70
PESO DE 1000 SEMILLAS	70
CAPACIDAD DE GERMINACIÓN.....	71
PRUEBA DE VIGOR	71
ANÁLISIS PROXIMAL	71
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	71
PROTEÍNA CRUDA	72
EXTRACTO ETÉREO.....	72
MATERIAL MINERAL O CENIZA	72
FIBRA CRUDA	72
ELEMENTOS LIBRES DE NITRÓGENO	73
PRUEBAS DE NIXTAMALIZACIÓN	73
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE NEJAYOTE Y PESO DEL NIXTAMAL	73
DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS	73
SEDIMENTACIÓN DE LA MASA.....	74
DETERMINACIONES FÍSICAS GRANO A MASA	74
PRUEBAS DE HARINA NIXTAMALIZADA.....	74
TORTILLAS CON HARINA NIXTAMALIZADA.....	75
PROXIMAL DE LA TORTILLA DE SORGO	75
SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE SORGO PARA PALOMEROS	76
CARACTERÍSTICAS DESEABLES	76
MÉTODO DE DENSIDAD	76
CAPACIDAD DE EXPANSIÓN DEL GRANO	77
DENSIDAD VARIABLE.....	77
SEPARACIÓN DE LA SEMILLA (DENSIDAD).....	77
RESISTENCIA (GERMINACIÓN) A SEQUIA CON MANITOL COMO SECUESTRADOR DE HUMEDAD.....	77
RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA COMO MODO DE ACEPTACIÓN A LOS PRODUCTOS ALIMENTICIOS A BASE DE SORGO VANSB-2000.....	79
CONCLUSIONES	90
CONCLUSIÓN DE LA ENCUESTA:	91
ANEXO DE RESETAS	92
RECETAS DE LOS PRODUCTOS ELABORADOS CON SORGO.....	92
BIBLIOGRAFIA	95

INTRODUCCIÓN.

La demanda creciente de granos que se presenta a escala mundial, obliga a la búsqueda de nuevas alternativas que garanticen el abasto de alimentos a una población en constante aumento. Por ello, aun en países como México, el cultivo de maíz no solo representa la producción de granos para el consumo humano, sino que además, encierra fuertes lazos culturales. Se está poniendo la vista al cultivo de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) cuyo grano en la actualidad es principalmente utilizado por la industria para la producción de alimentos balanceados, no obstante se ha demostrado tener ciertas características productivas y tradicionales que lo hacen atractivo para ser considerado como un cultivo que atienda necesidades de consumo humano.

El desarrollo de materiales que mantengan un alto nivel de rendimiento y contenido nutricional sobre un gran número de ambientes, constituye una de las metas más importantes en la mayoría de los programas de mejoramiento. El sorgo cuya capacidad morfológica y fisiológica de adaptación es superior a otras especies, ha despertado el interés de los investigadores quienes realizan estudios tendientes a encontrar en ese cultivo mejores rendimientos y técnicas de producción, resistencia a enfermedades y plagas, además de que es económicamente accesible a toda la población, específicamente a los de bajos recursos.

No obstante lo anterior, el desarrollo de alimentos provenientes en su totalidad de granos, de las áreas temporaleras con escasa precipitación y otras

limitantes propias de estas zonas no se han logrado en la escala y el éxito deseado, de ahí el interés de esta investigación por generar estudios y pruebas del grano de sorgo con el potencial de ser utilizado en la alimentación humana.

Estos trabajos requieren además del tiempo y dedicación del investigador, de la participación de los productores; de esta forma, con la interacción investigador – productor, se podrán evaluar las posibilidades de la utilización de este cultivo como otra alternativa alimenticia.

Bajo este contexto el objetivo general del presente trabajo fue realizar los estudios de calidad nutricional del grano en la elaboración de productos alimenticios a partir de la harina y grano de sorgo blanco de la variedad experimental VANSB-2000 para su posible utilización en la alimentación humana.

Objetivos Específicos.

- Determinar la calidad nutritiva del grano de sorgo blanco de la VANSB-2000.
- Realizar mezclas del grano de la VANSB-2000 en diferentes proporciones con otros granos básicos que nos permitan ser aprovechados para consumo humano.
- Realizar pruebas sobre la elaboración de diferentes productos hechos en gran parte de harina de sorgo blanco en hotcakes, tamales, tortillas, pastelería en general.
- Determinar el grado de expansión para la producción de palomitas de sorgo.
- Determinar la palatabilidad y la preferencia de la gente en los productos alimenticios elaborados de sorgo, mediante una encuesta.

Hipótesis

Dadas las características que posee el grano de sorgo de la VANSB-2000, indican la existencia de potencial para ser aprovechado en la producción de alimentos destinados al consumo humano y su posible utilización para la fabricación de productos alimenticios a base de sorgo.

REVISIÓN DE LITERATURA.

El hambre y la desnutrición es uno de los problemas más importantes que enfrentan la mayoría de los gobiernos del mundo. Estos se encuentran asociados a la pobreza extrema de los sectores más marginados de los países en vías de desarrollo, y suscita un interés cada vez mayor, en un mundo que debe enfrentar el aumento constante de la población y la existencia limitada de recursos para la producción de alimentos.

En México los niveles de pobreza son cada día más difíciles de ocultar, con solo recorrer las zonas rurales más aisladas del norte, centro y sur del país y mirar los rostros de la desnutrición y el hambre en la población, te das cuenta que en las regiones en que habitan se palpa la falta de los conocimientos de saber explotar sus recursos naturales y la introducción de cultivos que se adapten a las condiciones climáticas y que estos a su vez les proporcionen una alternativa de alimentación. Las cifras de pobreza en México, toman algunos contrastes al separar a la población en los que presentan pobreza extrema y los solamente pobres. La CONAPO en 1997 menciona: que existen 26 millones de mexicanos que viven en la pobreza extrema, INEGI en el año 2000 reporta 42 millones de mexicanos que son solamente pobres.

Ante ésta situación, la agricultura enfrenta serios desafíos: la producción de alimentos suficientes y el requerimiento de que estos sean de mayor calidad. Lo anterior tiene que lograrse, con la búsqueda de nuevas alternativas y el empleo de cultivos que se adecuen a los efectos del ambiente en las diversas regiones

La realidad es que no existe una fórmula única para poner fin al hambre ancestral que padecen millones de habitantes, una gran variedad de factores influyen en la producción agrícola, en los métodos de cultivos y en la disponibilidad de alimentos.

Es por eso que los profesionales de la agricultura debemos tener claridad para lograr una seguridad alimentaría en el futuro, esto solo puede conseguirse aplicando tecnologías más ingeniosas sobre la diversificación de la producción, mejores métodos de cultivo, mejor aprovechamiento del agua y de la tierra, así como de los métodos de conservación y distribución de los alimentos.

Ante ésta problemática los estudiosos de la agronomía voltean a ver el cultivo del sorgo ya que este cultivo posee características que han ayudado a su aceptación y dispersión por todo el mundo, características tan importantes como lo son: a) Resistencia a sequía b) Resistencia a calor c) Amplio rango de adaptación a diferentes ambientes d) Variabilidad genética alta. También el grano posee cualidades como son: fácil trilla, resistencia a insectos, buena cocción, excelente sabor e importante contenido nutricional para utilización en el consumo humano.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DEL SORGO.

PRODUCCIÓN MUNDIAL.

La producción de sorgo en el mundo aumentó de 40 millones de toneladas a comienzos de los años 60's hasta 66 millones de toneladas de 1979 a 1981, para bajar luego a 58 millones de toneladas en 1990, aunque en comparación con la superficie sembrada de sorgo, disminuyó ligeramente de 45.6 millones de hectáreas a 44.4 millones de hectáreas durante el mismo período. La reducción que hubo de 1979 a 1981 y 1990 se debió en gran parte a la baja en dos grandes países productores de sorgo; los Estados Unidos y China, estos dos países contribuyeron con 6.2 millones de toneladas, es decir: con un 85% de la reducción en las cifras mundiales de producción. Son varias las razones que explican esa tendencia descendente en la producción del sorgo siendo la mayoría de ellos de temporal. (FAO. 1990-2000)

Algunas de las razones que han contribuido a la reducción de la producción son una distribución imprevisible e irregularidad de las lluvias, una baja en la fertilidad de los suelos, el empleo de sistemas ineficaces de producción en los distintos países, tensiones bióticas y abióticas, y una baja en la demanda de sorgo. El crecimiento de la demanda (2.9%) para el período 1980 – 2000 en 90 países en desarrollo superó ligeramente el crecimiento proyectado de la producción agrícola (2.8%) (FAO, 1990-2000) No obstante, este desequilibrio fue más pronunciado en África (3.4% de la demanda y 2.6% del crecimiento de la producción. En los países menos adelantados, el crecimiento de la producción de sorgo se quedó rezagado un 25% por debajo

del crecimiento de la demanda durante el 2000. Al mismo tiempo, producto de un final de verano y comienzo de invierno muy seco, y un invierno muy crudo en el cinturón triguero, que conjuntamente impidió la siembra a tiempo del trigo de invierno, los rendimientos en la producción fueron los más bajos de los últimos años (entre otros factores que afectan la elección del sorgo), (FAO. 1990-2000).

Los datos actuales sobre superficie sembrada en EE.UU. (en Kansas y Texas principalmente), indican que la superficie sembrada en el verano fue de entre 3.8 y 4 millones de hectáreas, lo que supone un incremento de entre el 21.4 y el 27.7% respecto de la superficie sembrada en el 2000 (FAO. 1990-2000)

Aproximadamente la mitad del sorgo que produce el mundo se destina directamente a la alimentación humana. En países del norte de África, Oriente Medio o India, no existen condiciones productivas favorables para el cultivo del trigo o arroz, y por lo tanto, esto permite que los productores incursionen con éxito a la siembra del sorgo. La harina del sorgo es entonces utilizada masivamente para elaborar pan, galletitas y productos de panificación en grandes cantidades con gran aceptación (FAO. 1990-2000)

En cambio, el Occidente no parece ver con buenos ojos el comer productos elaborados con harina de sorgo. Al menos hasta hace algunos años solo el 7% del sorgo producido en EE.UU. se destina a otros usos que no son la alimentación animal incluyéndose la alimentación humana, la elaboración de alcohol y otros usos industriales. Sin embargo, esto de aumentar el consumo alimenticio de sorgo parece ser una tendencia mundial, ya que en ese país

durante el '94 se consumían solamente 25 mil toneladas, mientras que hacia el '98 el consumo había aumentado a casi 1 millón de toneladas (consumo total no animal) (FAO. 1990-2000)

Por ejemplo, en 1999 – 2000. México importó 4.2 millones de toneladas (siendo su principal proveedor EE.UU.), y para el período 2001/02 se estima que las importaciones se incrementarán a 4.8 millones de toneladas. El total de grano consumido asciende, a más de 10 millones de toneladas (<http://www.inegi.org.mx>).

Según las estimaciones de producción de 1990 hechas por la FAO, la producción total de sorgo en el mundo fue de 58 millones de toneladas, lo que representó un descenso respecto de los 60 millones de toneladas en el año 1989 y las 62 millones de toneladas en el año 1988 (FAO, 1990-2000). Se señaló una reducción en el rendimiento que pasó de 1,340 kg/ha en 1989 a 1,312 kg/ha en 1990, mientras que la superficie sembrada se mantuvo en torno a los 44 millones de hectáreas en los dos años. (FAO, 1990-2000).

Los cinco productores mayores de sorgo en el mundo son: Estados Unidos el (25%), La India el (21.75%), México el (11%), China el (9%) y Nigeria el (7%). Estos cinco países representan juntos el (73%) de la producción mundial de sorgo total. (FAO, 1990-2000).(Cuadro 1 de anexo)

De la superficie mundial total dedicada al sorgo, más del 80% se cultiva en los países en desarrollo. En África, el sorgo se cultiva en un basto cinturón que se extiende desde el Atlántico hasta Etiopía y Somalia, limitando con el desierto del Sahara en el norte y con selva ecuatorial en el sur. Esta superficie

se extiende a lo largo de las partes más áridas de África Oriental, donde las precipitaciones son demasiado bajas para un buen cultivo de maíz. El sorgo es el segundo cereal más importante después del maíz en el África al sur del Sahara.

América del norte y América central, debido al rendimiento superior por superficie unitaria, produjeron la cantidad mayor de sorgo y contribuyeron con un 37% de la producción total, seguida por Asia y África. En América central y del sur el sorgo se cultiva en las partes más áridas de México, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, las zonas bajas del interior de Argentina, las regiones áridas de Colombia septentrional, Venezuela, Brasil y Uruguay. En América del norte se cultiva en partes de las llanuras centrales y meridionales de los Estados Unidos, donde la pluviosidad es escasa y variable: Kansas, Texas, Nebraska y Arkansas son los principales estados productores, contribuyendo a un 80% de la producción total de los Estados Unidos.

En Asia, el sorgo se cultiva extensamente en la India, en China, en Yemen, en Pakistán y Tailandia. La producción en Europa se limita a unas pocas zonas de Francia, Italia, España y a países de Europa sudoriental. En Oceanía, Australia es el único productor de importancia, concentrándose la producción en Queensland y en el norte de Nueva Gales del Sur, donde se produce un (95%) aproximadamente de su cosecha total. (FAO, 1990-2000).

PRODUCCIÓN NACIONAL DE SORGO.

En México el sorgo es uno de los cultivos más importantes ya que ocupa el tercer lugar en superficie sembrada después del maíz y frijol, y el segundo en cuanto a producción de grano después del maíz. Esta área y producción se estiman actualmente en 1.48 millones de hectáreas y 4.75 millones de toneladas anuales. Los estados de Tamaulipas, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y Sinaloa, son los más importantes tanto en superficie como en producción. El sorgo se utiliza principalmente para la elaboración de alimentos balanceados para aves, cerdos y bovinos. La demanda nacional es mayor que la oferta por lo cual, anualmente se importa un 40% adicional de la producción nacional. (<http://www.inegi.org.mx>)

Se considera que los principales problemas que enfrenta el cultivo de sorgo para grano en México son los siguientes: sequía por baja precipitación e irregular distribución, ya que el 75% del sorgo se produce bajo condiciones de temporal; prácticas de cultivo ineficientes para la conservación de la humedad en el suelo y el control de malezas; problemas de comercialización; baja rentabilidad del cultivo, enfermedades y plagas. Para resolver esta problemática actualmente se cuenta con 27 investigadores localizados en las principales áreas sorgueras del país, ellos conducen alrededor de 20 proyectos de investigación y transferencia de tecnología en las siguientes líneas de investigación: mejoramiento genético, prácticas culturales, manejo integrado de plagas y enfermedades, potencial productivo y transferencia de tecnología y

ninguno de estos realiza investigaciones sobre la calidad que pueda presentar para el consumo humano. (<http://www.inifap.org.mx>, <http://www.conacyt.org.mx>)

ESTUDIOS SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL SORGO EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA.

Empleo de sorgo en el consumo humano.

El consumo mundial de sorgo para la alimentación humana se ha mantenido estancado durante los 35 últimos años en contraste con el consumo alimentario total de todos los cereales, el cual ha subido considerablemente a lo largo del mismo período. Este estancamiento se ha verificado pese a que bajo el aspecto nutricional, el sorgo es competitivo en comparación con otros cereales, sobre todo al ser considerado en muchos países como un grano de categoría inferior y utilizarse de la misma manera que el maíz, debido a su composición semejante e incluso más rica en proteína, yace su harina de un sabor agradable, de fácil digestión y muy semejante a la del trigo. En algunos países del mundo, el sorgo cocido toma un aspecto agradable, constituyendo así un alimento semejante al arroz. El consumo de sorgo per-capita es elevado en países o en algunas regiones de estos donde el clima no permite la producción económica de otros cereales y donde los ingresos per. capita son relativamente bajos. FAO (1990-2000).

El descenso en el consumo de sorgo per.-capita que se ha registrado en muchos países se ha debido a cambios en los hábitos de los consumidores producidos por varios factores: el rápido ritmo de urbanización, el largo tiempo

necesario y la energía que se requiere para preparar alimentos a base de sorgo, la insuficiente estructura doméstica, lo deficiente de los servicios comerciales, las técnicas de elaboración, la inestabilidad de los suministros y la falta de productos del sorgo fácilmente disponible, en particular la harina frente a otros alimentos han acelerado los cambios en los hábitos de consumo de las zonas urbanas. En cambio el consumo per.-capita de sorgo para alimentación humana en zonas productoras rurales se ha mantenido muy por encima del registrado en los centros urbanos. Además, las políticas nacionales en varios países han tenido una influencia negativa en la utilización del sorgo como alimento. FAO (1990-2000).

Ohiokpehai y Kebile (1998) reportaron en el sur de África a fin de popularizar el uso de sorgo (en Bostwana), intentos para parecer atractivos los productos alimenticios desde la harina de sorgo, pasta de sorgo, polvo instantáneo de cerveza, fermentación de sorgo y el polvo no alcohólico (malta) para bebidas. Los procesos de producción se mejoraron para permitir que los productos de bebida y alimento estuvieran dispuestos a empresas en pequeña escala para la generación de ingresos. El estudio mostró que hay potencialidad en el uso del sorgo para la producción, con fines de bebidas y alimentos.

CUALIDADES DEL SORGO.

Sarita-Srivastara (1998) reporta que en diferentes genotipos de sorgo el contenido de proteínas se extendió desde 10.6 a 12.5 % y su contenido de energía desde 380 a 425 Kcal. /gr., como también se mantuvo estable la calidad sensitiva el aroma, gusto y aceptabilidad total, con esto concluye que el

sorgo en harina puede usarse en la preparación de alimentos suplementarios para niños. La masa preparada en agua fría tiene poca adhesividad y resulta difícil de enrollarla en forma delgada. Así pues, la modificación térmica del almidón cuando se prepara la masa con agua caliente se obtiene una harina fina de sorgo que se presta mejor para la panificación.

Olatunji *et al* (1989) observó que para las galletas podía emplearse una proporción del 55 % de sorgo y el 45 % de trigo sin que ello perjudicara su calidad.

Caster *et al.*, (1977) señalan que existe la posibilidad de producir pan, basándose en harina de sorgo integral, además de que puede mejorarse la calidad del pan utilizando harina de sorgo sin la fracción del salvado, ésta obtenida después de varias cribas.

Kebede y Urga (1995) Experimentaron en 20 variedades de sorgo crudo (Sorghum bicolor) el uso de métodos tradicionales (hervir, asar, fermentar y cocer) puede ayudar a reducir el contenido de ácido fítico de sorgo y así mejorar su utilización.

CALIDAD DE LOS ALIMENTOS PREPARADOS CON SORGO.

Preparados culinarios.

Es lógico que cuando se elabora un grano, se eliminan algunos nutrientes y también la eliminación de cualquier parte del grano que no guarde las exactas proporciones, influirá en la calidad nutricional de lo que quede. En

consecuencia, el efecto nutricional de la elaboración depende probablemente tanto de la cantidad del material que se elimina como del método empleado para ello. Es difícil comparar distintos resultados obtenidos con diversas técnicas de preparación FAO (1990-2000).

Pushpamma (1990) reportó que el descortezamiento reducía la proteína y lisina totales en 9 y 21% respectivamente pero que mejoraba también la utilización de la proteína restante; la pérdida de minerales fue también mínima, el descortezamiento mejoró la disponibilidad biológica de los nutrientes y la aceptabilidad por el consumidor.

Kazanas y Fields (1981) y Au y Fields (1981) observaron como resultado de la fermentación del sorgo un aumento considerable en varios aminoácidos (especialmente la metionina) y vitaminas; también observaron que aumentaba su valor nutritivo.

Axtell *et al.*, (1981) encontraron que los productos fermentados de sorgo eran más digeribles que los no fermentados. La fermentación o acidificación inhibía el efecto que tienen los poli fenoles como enlace de la proteína.

Orizoba y Atii (1991) señalaron que la fermentación reducía también el nivel de cianuro en el sorgo fermentado.

PRODUCTOS A BASE DEL SORGO.

Panes y otros productos horneados.

Los panes planos se elaboran cociendo las masas hechas con harina y agua en una olla o parrilla caliente, además puede utilizarse prácticamente

cualquier harina que sea de sorgo, mijo, otro cereal (la masa es fermentada si se desea). Estos panes planos reciben diversos nombres locales como roti y chapatti en la India, tuwo en algunas partes de Nigeria, tortilla en América Central y México. El roti y la tortilla son panes sin fermentar, el roti y el chapatti confeccionados con sorgo constituyen un alimento común en la India, Bangladesh, Pakistán y los países árabes. Murty y Subramanian (1982) han señalado que más del 70% del sorgo cultivado en la India se emplea para confeccionar roti.

Dewalt y Thompson, (1983) observaron que la tortilla que se prepara en México y América Central, es análoga a roti salvo que el grano de sorgo se cuece en agua de cal y se muele en húmedo. Aunque el grano preferido para la tortilla es el maíz, también se emplea mucho el sorgo el cual tiene gran aceptación en Honduras.

Choto *et al.*, (1985) comprobaron que se hacen tortillas mezclando sorgo y maíz prefiriéndose para ellas sorgo blanco. El sorgo se puede descascarar para reducir el color extraño que se produce en la tortilla. En las tortillas preparadas con mezclas de maíz amarillo y sorgo perla (15%) se percibía un color más ligero que las tortillas hechas con maíz amarillo al 100% y resultaban aceptables.

Almeida-Domínguez *et al.*, (1991) Observaron que las Variedades de Sorgo Dorado, Surero y Tortillero de América Central y dos híbridos procedentes de la Estación Agrícola Experimental de Texas proporcionan las tortillas de mejor color y textura. Los granos de sorgo con un pericarpio grueso

blanco y un endospermo amarillo de plantas con glumas color de paja y color canela ofrecen grandes posibilidades para la confección de tortillas.

Pasta y Tallarines.

Los productos de pasta (tallarines) tales como espaguetis y macarrones suelen hacerse con sémola o harina de trigo duro, de trigo blando o ambos. El trigo tiene la propiedad singular de formar una masa extensible, elástica y cohesiva cuando se mezcla con agua. A las harinas de sorgo les faltan esas propiedades cuando se emplean solas. El sorgo es inferior al trigo para hacer pasta debido a que no contiene gluten y también a que su temperatura de gelatinización es superior a la del trigo FAO (1990-2000).

Miche *et al.*, (1977) elaboraron pasta de mezclas de sorgo con trigo y llegaron a la conclusión de que para obtener productos con buena calidad de cocción, era necesario agregar algún almidón gelatinizado a la harina de sorgo antes de la extrusión. En la calidad de la pasta influye tanto la cualidad de la harina de sorgo como la del almidón, siendo preferible el sorgo blanco para los productos de pasta y conveniente tener un sorgo que de un color análogo al de la harina de trigo, una harina compuesta consistente en un 70% de trigo y un 30% de sorgo producía una pasta aceptable.

Bebidas Tradicionales.

Chevassus-Agnes *et al.*, (1976) mencionan que, aunque las bebidas no constituyen grandes alimentos, sirven de fuente de energía en varios países. Es común preparar gachas delgadas fermentadas que se emplean como bebidas en países africanos, se consideran alimentos y aportan importantes nutrientes.

La cerveza tradicional llamada ambga y un vino denominado affouk, que se preparan con sorgo en el Camerún, se consideran nutricionalmente superiores a la harina de sorgo.

Obilana, (1985) observó que mediante el sorgo se puede fabricar cerveza dorada. En Nigeria, se ha ensayado el sorgo como sustituto de la malta de cebada para producir cerveza, se ha logrado producir cerveza mezclando a partes iguales sorgo y cebada.

Okafor y Aniche, (1987) mencionan que se ha hecho cerveza dorada de la malta de sorgo empleando el método de cocción trifásico y un 30% de sucrosa como elemento adjunto. En Rwanda se produce un nuevo tipo de cerveza empleando sorgo y cebada del país.

Iyakaremye y Twagirumukiza, (1978) comprobaron que puede mezclarse sorgo hasta en un 40% con malta de cebada y se logra así una cerveza aceptable. El sorgo puede dar una mayor estabilidad oxidativa debido a su composición de ácidos grasos. Puede también producirse alcohol con las modificaciones convenientes y el sorgo puede tener grandes posibilidades industriales. En China se produce alcohol a partir de sorgo, donde la industria de bebidas alcohólicas es un gran consumidor de grano de sorgo.

Chitsika y Mudimbu, (1992) observaron que en varios países de Africa es una bebida muy conocida la cerveza opaca tradicional. Para esta cerveza sirve de materia prima valiosa el sorgo. La cerveza se denomina chibuku en Zimbawe, impeke en Burundi, dolo en Malí, Burkina Faso y pito en Nigeria. Las características principales de este producto son: su breve conservación (dura

sólo una semana) el bajo contenido de alcohol, su sabor ácido, los sólidos que lleva en suspensión, su sabor y color característicos

MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD NUTRICIONAL.

Con los conocimientos actuales y recién obtenidos en estas materias, sería posible mezclar o enriquecer productos alimenticios con otras sustancias, siendo estas mezclas enriquecidas y por consiguiente mejoradas su calidad nutricional y la aceptación que es necesaria por parte del consumidor FAO (1990-2000).

Okeiyi y Futrell (1983) han ensayado varias combinaciones de sorgo con leguminosas y evaluado su calidad proteínica. Estas combinaciones comprendían harinas de sorgo, trigo y soya, la cual satisfacía las necesidades de aminoácidos que se sugieren en el modelo de la FAO, más del (25%) de la energía de la dieta era aportada por grasa y un 10% de la energía lo era por proteína según lo recomendado por el grupo asesor de proteínas de las Naciones Unidas para la formulación de alimentos de alto contenido proteínico para niños. La FAO menciona que en Burundi se ha empleado el sorgo como alimento para niños y adultos tras sus mezclas con harinas de maíz y soya.

ANÁLISIS PROXIMAL.

Este análisis de los materiales vegetales consiste en determinar las principales clases de componentes químicos: Humedad, proteína cruda, grasa cruda, fibra, ceniza y extracto no nitrogenado. En muchas sustancias

alimenticias, incluso el sorgo, la proteína se calcula por aproximación, multiplicando el análisis de nitrógeno de Kjeldahl por el factor 6.25. La grasa cruda se mide como éter etílico o material extractable por éter de petróleo, la fibra cruda se refiere a la materia orgánica combustible no soluble en soluciones diluidas de ácido sulfúrico en caliente o hidróxido de sodio, la ceniza se determina por incineración de muestra y la fracción no proteínica (extracto no nitrogenado) es la diferencia entre la suma de los constituyentes antes nombrados y el peso de la muestra seca original. La Association of Official Agriculture Chemists (1980) dieron a conocer métodos rápidos, reproducibles y uniformes. El análisis proximal proporciona una buena información inicial del valor nutritivo relativo y la utilidad de un producto agrícola, brindando una base de comparación entre diferentes especies, partes de plantas y condiciones de cultivo (Ross 1975).

VARIANTES EN LA COMPOSICIÓN DEL GRANO.

El salvado de sorgo es bajo en proteínas y ceniza y rico en componentes fibrosos. El germen del sorgo es rico en ceniza, proteína y aceite pero muy pobre en almidón. Más del 68% de la materia mineral total y del 75% del aceite del grano entero se halla localizado en la parte del germen, constituyendo una aportación a la proteína del grano únicamente del 15%. El germen del sorgo también es rico en vitaminas B, el endospermo que es la parte mayor del grano, es relativamente pobre en minerales, ceniza y contenido oleaginoso; en cambio, es un gran aportador de otros componentes pues contribuye al 80% de la

proteína, al 94% del almidón y al 50 ó 75% de las vitaminas B del grano entero. (FAO 1990-2000).

Frey, (1977) menciona que los factores genéticos desempeñan una gran función al momento de determinar la composición del grano, así mismo, que los agentes ambientales modifican también esta composición en granos de varios cereales, sobre todo de sorgo, en el que se ha observado una correlación inversa entre el rendimiento en grano y el contenido de proteína.

Subramanian y Jambunathan, (1982) mencionan que el contenido proteínico del grano también guarda una notable correlación inversa con el peso del grano y su contenido amiláceo. En cambio, el contenido en ceniza y proteína del grano de sorgo están positivamente correlacionados entre sí.

Deosthale *et al* 1972 mencionan que la composición del grano es afectado por factores ambientales, en particular por las prácticas agronómicas.

Warsi y Wright (1973) señalaron que la aplicación de fertilizantes nitrogenados aumentaba el rendimiento del grano y su proteína. Además se menciona que otros elementos como la densidad de población de plantas, la temporada, la escasez de agua contribuyen también a la variación en la composición del grano. FAO, (1990-2000).

Deosthale *et al.*, (1972) por otra parte señalaron que aumentando los niveles de fertilizantes fosfatados el contenido mineral del sorgo aumenta. Deosthale y Belavady (1978), mencionan que el lugar del cultivo influye más que la variedad en la composición de minerales del grano de sorgo.

Carbohidratos.

El almidón es la principal forma de almacenaje de carbohidratos en el sorgo, el primero de ellos consiste en amilopectina: un polímero de cadena ramificada de la glucosa, de amilosa, un polímero de cadena lineal. La digestibilidad del almidón en el grano determina el contenido energético disponible, lo que depende de su hidrólisis por las enzimas pancreáticas. En la utilización del grano con métodos como el hervido, la cocción a presión, la exfoliación en hojuelas, su inflamiento o la micronización del almidón, aumenta la digestibilidad del almidón del sorgo lo cual se atribuía a una liberación de granos amiláceos sin la matriz proteínica pero que los hace más susceptibles a la digestión enzimática (McNeill *et al.*, 1975).

Freeman *et al.*, (1968) mencionan que los almidones de grano registran por lo general una escasísima absorción de agua a temperatura ambiente y que además es pequeño su potencial de hinchamiento, a su vez, la absorción de agua aumenta a temperaturas superiores y los gránulos de almidón se desploman dando lugar a la solubilización de la amilosa y de la amilopectina para formar una solución coloidal, por lo tanto, en esta fase (de gelatinización) en la que factores genéticos y ambientales los que influyen en la temperatura de gelatinización del almidón del grano. El tratamiento térmico del almidón en una cantidad reducida de agua produce el hinchamiento de los gránulos con escasísima pérdida de material soluble, produciéndose una desgelatinización parcial del almidón. Al cocer el almidón gelatinizado suele pasar de un estado soluble, disperso y amorfo a un estado cristalino insoluble; este fenómeno se conoce como retrogresión o retroceso que se intensifica a temperatura baja y

con una elevada concentración de almidón. La amilosa: que es el componente lineal del almidón, tiene una mayor tendencia a la retrogresión. (FAO 1990-2000) y Ring *et al.*, (1982) mencionan que factores tanto genéticos como ambientales influyen en el contenido de amilosa del sorgo.

Proteínas.

Hulse *et al.*, (1980). Jambunathan *et al.*, (1984) observaron una gran variabilidad en la composición de la proteína del sorgo en cuanto a aminoácidos esenciales. Ahuja *et al.*, (1970) en su estudio sobre la composición de aminoácidos de las fracciones de proteína demostraron que las fracciones de albúmina y glubulina contienen cantidades elevadas de lisina y triptófano y en general estaban equilibradas en su composición de aminoácidos esenciales.

Mertz *et al.*, (1984) en estudios *in Vitro* realizados en sorgo extraído encontraron que con el proceso de extrucción del grano había mejora en la digestibilidad de la proteína y por lo tanto, su valor nutritivo aumentaba. Por otra parte Graham *et al.*, (1986) señalaron que también se mejora la digestibilidad de la proteína de sorgo después de convertir el grano en nasha, una pasta delgada y fermentada que se utiliza como alimento para niños en Sudan.

Macleane *et al.*, (1983) mencionan que en estudios llevados a cabo en niños de corta edad alimentados con productos de sorgo descortezado y extruído, registraban una mejora en la digestibilidad de la proteína que pasaba del 46% al 81%, y la cantidad de Nitrógeno retenida en una dieta a base de sorgo de grano entero se reforzaba del 14 al 21%. Bachknudsen *et al.*, (1988);

por otra parte Whitaiker y Taner, (1989) mencionan que en algunas variedades de sorgo los poli fenoles condensados con los taninos presentes en los granos constituyen otro factor que influye desfavorablemente en la digestibilidad de las proteína y aminoácidos disponibles.

Estudios realizados en seres humanos por Kurien *et al.*, (1960) en muchachos de 10-11 años de edad, mostraron que una sustitución progresiva del arroz por sorgo en una dieta predominantemente vegetariana, la cual producía una disminución progresiva de la digestibilidad de la proteína que pasaba del 75% al 55% y una retención manifiesta de nitrógeno que del 4.5% bajaba al 2.1%. También se realizaron observaciones análogas en muchachas de 10-11 años de edad alimentadas con proteínas de sorgo y se mantuvieron resultados similares.

Los estudios realizados por Nicol y Phillips (1978) han mostrado una mejor retención del N cuando a hombres nigerianos de tipo normal se les alimentaba con sorgo machacado en casa con un contenido de fibra dietética reducido. Estas observaciones pusieron de relieve la importancia de la elaboración del grano para mejorar el valor nutritivo del sorgo. Según Hamaker *et al.*, (1996), la menor digestibilidad de la proteína en el sorgo cocido se debía a la reducción de la solubilidad de la prolamina y a su digestibilidad por la pepsina.

Álvarez y Castellanos (1997) establecen que la relación de eficiencia de proteína indica mejoramiento nutritivo con la germinación, por lo tanto dice: el

brote es un proceso práctico y simple para mejorar el valor nutritivo de sorgo para el consumo humano.

Lípidos.

El contenido de grasa cruda de sorgo es del 3%, lo cual es superior al del trigo y arroz pero inferior al del maíz. Las capas de germen y aleurona son los principales determinantes de la fracción de lípidos, aportando el germen un 80% de la grasa total (Rooney y Serna-Saldivar, 1991). Rooney, (1978), menciona que los ácidos oléico y linoléico guardaban una correlación negativa entre sí. La composición de ácidos grasos de las grasa de sorgo 49% de ácido linoléico, 31% de oleico, 14% de palmitico, 2.7% de linoléico y 2.1% de ácido esteárico. Jambunathan, (1980) señala que la grasa del grano se halla mayormente localizada en el germen, en los mutantes del sorgo con la gran fracción del embrión, el contenido de grasa es superior (5.8 a 6.6%) al normal.

Minerales.

La composición mineral de los granos de sorgo es muy variable. Más que los factores genéticos, son las condiciones ambientales que predominan en la región del cultivo las que determinan su contenido de minerales (Sankara and Deosthale, 1980)

Hubbard *et al.*, (1950) llegaron a la conclusión de que en el grano de sorgo la materia mineral esta distribuida desigualmente y se haya más concentrada en germen y en el revestimiento de la semilla.

Pedersen y Eggum (1983) demostraron que en las harinas de sorgo se verifica una reducción en los contenidos de minerales como fósforo, hierro, zinc y cobre en relación a los índices cada vez más bajos de extracción.

Mbofung y Ndjouenkeu (1990) observaron que el porcentaje del hierro soluble e ionizable era superior en los productos preparados por sorgo descascarillado mecánicamente que en las preparadas con grano molido en forma tradicional basándose en mortero y mano, ésta mayor disponibilidad se atribuía a la eliminación de la cáscara rica en fitato en la molienda mecánica y también en parte a una mayor destrucción del fitato durante el remojo de los granos antes de su descascarillado.

Agrawal y Chitnis (1998) evaluaron los efectos en diferentes tratamientos de sorgo con la disponibilidad de hierro fósforo, potasio y el contenido de tanino con respecto al contenido de proteína, comprobaron que mojado con agua los granos 16 horas y la germinación durante 72 horas aumenta la disponibilidad de hierro arriba de 126%. Se observó una correlación positiva entre taninos y contenido crudo de proteínas, a su vez, una disminución considerable en el contenido de taninos de los granos tratados de sorgo con un aumento correspondiente en la digestibilidad de proteína. Observó que la cerveza hecha con adición de sorgo más que con sémola de maíz era una fuente concentrada no sólo de vitaminas como tiamina y ácido nicotínico sino también de varios minerales, en particular cobre, manganeso, hierro, magnesio, potasio y fósforo. Con cantidades apreciables de proteína y almidón, la cerveza de sorgo con ningún fitato detectable en ella constituiría una fuente importante que

contribuiría a la ingesta diaria de vitaminas y minerales en las poblaciones africanas.

Vitaminas.

El cultivo del sorgo es generalmente rico en vitamina B. Algunas variedades de endospermo amarillo de sorgo contienen beta-caroteno, que podría ser convertida en vitamina A por el cuerpo humano. Así como también se han encontrado en el grano cantidades detectables de otras vitaminas liposolubles como son D, E, y K. (FAO, 1990-2000). Hulse *et al.*, (1980) reportaron que entre la vitamina B, las concentraciones de tiamina, riboflavina y niacina que hay en el sorgo son comparables a las del maíz. Otras vitaminas B presentes en el sorgo en cantidades notables por 100 gr son la vitamina B₆ (0.5 mg.), la folacina (0.02 mg.), el ácido pantoténico (1.25 mg.) y la biotina (0.042 mg.) (United States National Research Council/ National Academy of Sciences, 1982).

Fibra Dietética.

Se emplea la expresión fibra dietética para describir una variedad de polisacáridos vegetales indigestibles, en particular la celulosa, las hemicelulosas, pectinas, los oligosacáridos, las gomas y varios compuestos lignificados. Según la definición modificada de Trowell (1976), la fibra dietética se define como la suma de la lignina y polisacáridos que no están hidrolizados por las enzimas endógenas del tracto digestivo humano.

Kamath y Belavady (1980) observaron que el principal componente de fibra insoluble del sorgo era la celulosa y variaba del 1.19 al 5.23% en las

variedades de sorgo. En cualquier material de semilla hay dos fuentes de fibra alimentaría a saber; la cáscara o el pericarpio y los componentes estructurales de la pared celular: las paredes de las células vegetales contienen muchos componentes no carbo hidratados además de lignina como proteína, lípidos y material inorgánico que modifican las propiedades de los polisacáridos. La fibra dietética tiene algunos efectos desfavorables sobre la disponibilidad de determinados nutrientes. Estudios efectuados en ratas por Ali y Harland (1991), han demostrado que en las dietas a base de sorgo ricas en fibra dietética y fitato, la concentración de zinc y hierro en la tibia de las ratas era considerablemente inferior respecto de una dieta no basada en sorgo con bajo contenido de fibra dietética. El descortezamiento del grano es uno de los métodos utilizados para eliminar la fibra.

Cornu y Delpeuch (1981), llegaron a la conclusión de que en una dieta compuesta de sorgo al 80%, la digestibilidad aparente del Nitrógeno en adultos se reducía del 65.4 al 60.5% cuando el sorgo descascarillado de la dieta se sustituía por grano integral, siendo superior la materia fecal total en una dieta a base de sorgo, aumentando también en las heces el Nitrógeno y el material insoluble en ácido fórmico.

Karim y Rooney (1972) señalaron que el contenido de pentosano del sorgo variaba de 2.51 a 5.57%. Los pentosanos tal como se dan en las paredes celulares de los granos de cereales son una mezcla heterogénea de polisacáridos, muchos de los cuales contienen proteínas.

Earp *et al.*, (1983) identificaron en el pericarpio, la aleurona y el endospermo del sorgo beta-glucanes enlazados y mezclados. Estos beta-glucanes son hidrosolubles y constituyen soluciones viscosas y pegajosas. Esta propiedad es importante para el malteado del sorgo para hacer cerveza.

INHIBIDORES NUTRICIONALES Y FACTORES TOXICOS.

Al igual que con otros productos alimenticios, en los granos de sorgo van asociados algunos inhibidores nutricionales y sustancias tóxicas. Estos elementos pueden clasificarse en líneas generales como aquellos que están naturalmente presentes en los granos y los que se hacen presentes por la contaminación.

Fitato.

El fitato presenta una clase compleja de compuesto fosfórico que se dan en la naturaleza y que pueden influir notablemente en las propiedades funcionales y nutricionales de alimento, sirviendo el fósforo del ácido fítico de almacén principal (de fósforo) en las semillas duras.

Wang *et al.*, (1959) estudiaron la distribución del fósforo de fítina en el grano de sorgo, hallaron que en el germen había un mayor porcentaje de ácido fítico que en el salvado y que era mínimo en el endospermo. En el descascarillado puede quedar eliminado de un 40 a un 50% tanto de fitato como de fósforo total.

Radhakrishnan y Sivaprasad, (1980) encontraron que la biodisponibilidad de hierro en el sorgo para los seres humanos estaba más influida por el fósforo de fítina que por el contenido de taninos de los granos. Sankara Rao y Deosthale, (1980) demostraron que al pelar el grano de sorgo, existe gran aumento en el contenido del hierro ionizable y de zinc soluble lo que indicaba una mejor biodisponibilidad de estos dos micro nutrientes. Lo anterior se atribuía en parte a la eliminación del fitato de la fibra y de los taninos junto con la porción de salvado en el pelado del grano de sorgo.

Polifenoles.

Los poli fenoles se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas, algunos compuestos poli fenólicos desempeñan una función como productos químicos de defensa y protegen a la planta contra los ataques de predadores de herbívoros, hongos patogénicos y hierbas parasitarias. Los compuestos fenólicos del sorgo se pueden clasificar en ácidos fenólicos, flavonoides y fenoles poléricos condensados, conocidos como taninos.

Taninos.

Los ácidos fenólicos, libres o enlazados como ésteres, se encuentran en las capas exteriores del grano e inhiben el crecimiento de microorganismos y probablemente lo hacen resistente al moho. Salunkhe *et al.*, (1990) mencionan que la presencia de taninos, aunque ofrecen la ventaja agronómica de hacer a la planta resistente a las aves, repercuten desfavorablemente en la calidad nutricional del grano. Butler *et al.*, (1984) observaron retrasos en el crecimiento de pollos alimentados con sorgo de alto contenido de taninos.

Los taninos del grano de sorgo dan un sabor astringente que repercute en la comestibilidad, reduce la ingesta alimentaria y por lo tanto el desarrollo corpóreo. Según Asquith y Butler, (1986) y Griffiths, (1985) los taninos se combinan con proteínas exógenas y endógenas, inclusive con enzimas del tracto digestivo, por lo tanto afectan la utilización de las proteínas.

Singleton y Kratzer, (1973) mencionan que no hay testimonios directos de los efectos antinutricionales de taninos alimentarios en seres humanos aunque se ha atribuido al contenido alto de taninos alimentarios el tener algún efecto carcinogénico.

Price *et al.*, (1980) han observado que el contenido de taninos de la harina del sorgo se reducía cuando se mezclaba formando la masa y que todavía se reducía más con la cocción. Selunkhe *et al.*, (1990) estudiaron diferentes métodos para inactivar o destoxificar los taninos en sorgo como es el descascarillado y el malteado, encontrando reducción de taninos. Aguedelo y Alarcón (1998) mencionan que humidificando los granos con ácido acético al 1% y almacenando por 7 días a 20 °C, se reduce el contenido de taninos y aumenta el contenido de proteína.

Chibber *et al.*, (1978) Comprobaron en sus investigaciones que los taninos y los poli fenoles asociados se concentran en la testa o revestimiento de la semilla por debajo del pericarpio del grano de sorgo y pueden eliminarse con la molturación. Sin embargo, el método tradicional de molienda a base de mortero y mano así como la molturación mecánica ocasionaba grandes pérdidas de nutrientes y la harina resultante era de escaso rendimiento así

como de pobre calidad nutricional. Mwasaru *et al.*, (1988) mencionan para que el procedimiento de molturación sea comercialmente económico, es necesario se desarrollen variedades de sorgo con granos redondos y endospermo duro que contengan el mínimo porcentaje de taninos y caracteres agronómicos convenientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro a través de su programa de investigación en mejoramiento genético del cultivo del sorgo para grano, se plantea como objetivo, generar variedades e híbridos para las distintas regiones del país, como una alternativa para la contribución del desarrollo de la agricultura de México.

Con este propósito la investigación sobre la selección de genotipos con potencial para el consumo humano se inicia en el año de 1993, cuando se siembran 1,800 líneas de las cuales fueron seleccionadas las primeras líneas de sorgo blanco, las mismas que se establecen en otras localidades donde el sorgo presenta un potencial sobresaliente (Guanajuato y Tamaulipas 1994, 1995, 1996), sembrándose en el estado de Coahuila en 1996 en el ejido Derramadero, las primeras 14 líneas que presentaron características agronómicas sobresalientes, en las localidades de Guanajuato y Tamaulipas.

A partir de esta fecha se continuó el proceso de evaluación sembrándose estos genotipos, bajo condiciones de riego en el ejido Derramadero, formándose en 1998 la variedad de sorgo blanco VANSB-2000 con potencial para el consumo humano con la idea inicial de desarrollar una variedad que sirviera como alternativa para los productores de temporal de la región del semidesierto que siembran principalmente maíz y frijol en áreas de escurrimientos superficiales.

Finalmente y a pesar de los escasos recursos económicos de que se disponen, se formó la variedad VANSB-2000 la cual se sembró bajo condiciones de temporal en los ejidos, San José de la Joya (julio 1999), Santa

Fe de los Linderos (mayo 2000), ejido Guadalupe Victoria (junio 2001), ejido garambullo (julio 2001). En los cuales a pesar de las escasas precipitaciones el rendimiento promedio obtenido es de 2.00 a 2.5 ton/ha.

Principales Características Agronómicas de la VANSB-2000

<i>CARACTERÍSTICAS AGRONOMICAS</i>		<i>ANÁLISIS BROMATOLOGICO DEL GRANO</i>																															
altura de planta	1.35 mts.	PROTEINA %	13 %																														
Días a floración	83 – 85 días	FIBRA CRUDA	4.033 %																														
Exerción	6-8 cm	GRASA	3.48%																														
Ciclo vegetativo	Intermedio	TDN (total de nutrientes digestibles)	70 .18%																														
Días a cosecha	120-125 días	Taninos	Negativo No detectados																														
Tipo de panoja	Compacta	Densidades de siembra recomendada																															
Color de grano	Blanco	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Num./pts/ m. lineal</th> <th>Num./ptas/ hectárea</th> <th>Num./ kgs de semilla / ha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8</td><td>100,000</td><td>5</td></tr> <tr><td>10</td><td>125,000</td><td>6</td></tr> <tr><td>12</td><td>150,000</td><td>7</td></tr> <tr><td>14</td><td>175,000</td><td>8</td></tr> <tr><td>16</td><td>200,000</td><td>9</td></tr> <tr><td>18</td><td>225,000</td><td>10</td></tr> <tr><td>20</td><td>250,000</td><td>11</td></tr> <tr><td>22</td><td>275,000</td><td>12</td></tr> <tr><td>24</td><td>300,000</td><td>13</td></tr> </tbody> </table>		Num./pts/ m. lineal	Num./ptas/ hectárea	Num./ kgs de semilla / ha	8	100,000	5	10	125,000	6	12	150,000	7	14	175,000	8	16	200,000	9	18	225,000	10	20	250,000	11	22	275,000	12	24	300,000	13
Num./pts/ m. lineal	Num./ptas/ hectárea			Num./ kgs de semilla / ha																													
8	100,000			5																													
10	125,000			6																													
12	150,000			7																													
14	175,000			8																													
16	200,000			9																													
18	225,000	10																															
20	250,000	11																															
22	275,000	12																															
24	300,000	13																															
Color de hoja	Verde claro																																
Color de gluma	Paja (sepia)																																
Acame	Tolerante																																
Resistencia a enfermedades	Tolerante al ergot																																
Rendimiento de grano	2.5 ton/ha bajo temporal con escurrimientos.																																

PRUEBAS FISICAS DE LA VANSB- 2000

Prueba de humedad.

Para determinar el % de humedad fue necesario pesar 250gr de semilla de la variedad VANSB-2000 a evaluar, colocándola en el aparato llamado Motomco.

Para determinar esta variante fue necesario calibrar el aparato según la tabla de valores del Motomco y que para sorgo es: 53, ya calibrado se lee el porcentaje de humedad, la cual correspondió al **11.83%**.

Prueba de pureza.

El análisis de pureza física proporciona la siguiente información:

- Composición porcentual por peso, de la muestra que se analiza para diferenciar el lote de semillas. Identidad de las diferentes especies de semillas y las partículas que constituyen la muestra.

Procedimiento

Se realizó el examen minucioso de una muestra de la variedad VANSB-2000 cuyo peso es dado por la Tabla 2A de las reglas de análisis de semillas, y que comprende aproximadamente de 2500 semillas o lo que es igual a 90gr de muestra de la variedad proveniente de la cosecha, de la cual se separó la **Semilla Pura, (para el cultivo de sorgo):** Espiguilla con glumas conteniendo una cariósida con o sin la palea, lemas, segmentos de raquis, arista, florecilla estéril o fértil adherida, florecilla con lema y palea con o sin arista, cariósida o pedazo de cariósida mayor a la mitad del tamaño original, las variedades botánicas y mejoradas de esa especie e incluye además: Estructuras aun inmaduras, deformes, arrugadas, enfermas o germinadas. **Otras semillas:** Es la semilla quebrada, semillas de especies cultivadas, semillas de malezas: comunes y nocivas, semillas extrañas son otras semillas, pero siguen los mismos criterios de semilla pura. **Material inerte:** Pedazos de semilla, semilla dañada por insectos y cuyo tamaño restante es menor que la mitad, cotiledones

separados, conglomerados que pasan por criba de 200 x 300 mm. Rectangular con perforaciones de 1.5 mm. X 20 mm. Al agitar 1 minuto, basura, tierra, paja, insectos.

Calculo de Resultados

Para calcular el porcentaje de cada componente se uso la siguiente formula:

$$\text{Componente (\%)} = \frac{\text{Peso del componente}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Peso Volumétrico en Hectolitros (HL)

El peso volumétrico ha sido un parámetro que se toma en función del peso de la semilla ocupando un volumen y que varía según las especies, sin embargo en el contexto semillero dicho peso se refleja en cierto modo de la calidad de un lote de semillas y puede ser apreciado, aunque de una manera muy subjetiva el manejo agronómico que le fue dado al lote de producción y de alguna manera podemos utilizar esta información para hacer inferencia sobre el comportamiento observando en otros atributos principalmente fisiológicos de la semilla además estos datos son de utilidad para la capacidad de los almacenes en función del tipo de semilla a guardar.

OBJETIVO.

Determinar el peso volumétrico de la semilla de la VANSB-2000 en la balanza de peso volumétrico y los valores expresarlos en kilogramos por hectolitro (kg hl^{-1})

METODOLOGIA.

El cono de la balanza granataria se colocó a una altura de 5 cm. Sobre la parte central de recipiente que se engancha a la balanza, la semilla se vació en el cono para luego dejarlo caer en el recipiente lo cual permitió que el llenado fuera uniforme. El exceso de semilla se eliminó mediante el paso de una regla sobre el borde o al ras del recipiente. Una vez realizadas las operaciones de llenado, el recipiente se colocó en el gancho de la balanza y se procedió a tomar la lectura del peso, se llenó el recipiente por dos veces más y se obtuvo el peso de la semilla y se reportaron los resultados en kilogramo por hectolitro.

Peso de 1000 Semillas.

La determinación del peso de la semilla, se ha considerado de importancia, desde que se apreció la potencialidad de las semillas con mayor peso, de generar plántulas más vigorosas. Está demostrado en numerosas especies que el tamaño es asociado a ello, el peso de la semilla es un atributo físico muy importante que se refleja directamente en la calidad fisiológica de la semilla. En este sentido dentro de un mismo genotipo y lote de semillas, separamos aquellas pesadas de las livianas, se tendrá calidad diferente.

La utilidad del conocimiento de el peso de la semilla y la distribución de éste en el lote de semillas, nos permite separar este lote en diferentes clasificaciones y darle un uso específico a cada tamaño de la semilla, según la potencialidad que le confiere esta característica.

METODOLOGIA

De la fracción de semilla pura. Se efectuó conteos de 100 semillas tomándolas al azar, en ocho repeticiones, pesando cada una de ellas y promediándolas para obtener el peso de 1000 semillas. Se calculó la varianza,

desviación estándar y el coeficiente de variación a partir de los datos de los 8 grupitos de 100 semillas que fueron pesados.

Variable de Calidad de Semilla.

A cada clase de semilla (diferentes densidades), se determina primeramente su capacidad de germinación mediante la prueba estándar.

Capacidad de germinación.

La capacidad de germinación es el principal criterio y el más aceptado para determinar la calidad fisiológica de una semilla. La germinación es la reanudación de las actividades de crecimiento del embrión suspendidas al momento de alcanzar las semillas su madurez fisiológica. Esta reanudación implica el establecimiento de un estado metabólicamente activo que se manifiesta fisiológicamente con división y diferenciación celular, y morfológicamente con la transformación de un embrión en plántula; este es un proceso que en términos generales requiere de tres fases:

1. Absorción de Humedad.

Esta es la primera fase y es necesaria para que la hidratación de las células provea el medio adecuado para acelerar las actividades metabólicas. Las semillas de los cereales y otras gramíneas requieren contenidos de humedad de 30 a 35% para poder germinar. Es considerable el poder de absorción de humedad de las semillas, en tal forma que germinan bajo condiciones relativamente secas. Con un suministro óptimo de humedad las semillas alcanzan contenidos críticos de humedad para la germinación dentro de las 24

horas. La absorción de agua es un proceso físico – químico y se lleva a cabo más rápidamente a altas temperaturas.

2. Movilización de Reservas Alimenticias.

A medida que el nivel de hidratación de las semillas aumenta (y a temperatura favorable), se inician ciertas reacciones enzimáticas. Estas reacciones involucran la transformación, de reservas alimenticias complejas e insolubles como: carbohidratos, lípidos y proteínas que son sustancias transformadas en simples solubles y movilizables. La movilización de estos compuestos simples y solubles a las regiones metabólicamente activas del embrión y la subsecuente respiración de los mismos. Provee la energía necesaria y los componentes estructurales indispensables para el crecimiento y diferenciación celular.

3. Crecimiento y Diferenciación

El crecimiento del embrión, la evidencia visible de la germinación, involucra tanto el alargamiento como la división celular. Normalmente la división celular se inicia en la radícula, aproximadamente 24 horas después del comienzo de la absorción de agua. A medida de que se desarrolla la plántula, el contenido de humedad aumenta hasta casi un 85% (característico de las hojas suculentas y de los tallos).

METODOLOGÍA

Ensayo de germinación se realizo con papel. El sustrato de papel se empleó en el siguiente método:

EP (= entre papel). Las semillas se pusieron entre dos capas de papel humedecido como formando un “taco”, para ello se necesitó: dos rectángulos de papel secante, una bolsita de polietileno transparente; una bandeja de agua para mojar los papeles. Se procedió luego a remojar el rectángulo pasándolo por la bandeja; se dejaron escurrir las gotas de agua excedente, se puso sobre una superficie plana (vidrio, plástico, formaica); por encima se acomodaron las semillas de la variedad VANSB-2000 ordenadamente, se mojó otro rectángulo de papel secante, se dejó escurrir las gotas de agua excedente y se colocó por encima del primero tapando las semillas. Luego se enrolló en forma de taco, se puso en la bolsita de plástico, y se colocó en la cámara de germinación con condiciones establecidas para la especie de semilla que se evaluó. No es conveniente apilarlos rollitos en que se encuentra la variedad pues la presión de los tacos germinativos superpuestos perjudica el desarrollo normal de las plántulas. (Piretti, A.1994)

Se colocaron 100 semillas en papel húmedo con 4 repeticiones, se enrollaron y se pusieron en una cámara a 25°C de temperatura para que germinaran; posteriormente se hace un primer conteo a los 9 días de que se colocaron a germinar (el 21/ Febrero/2002), se siembra y se trata con fungicida (captan).

Prueba de Vigor.

El ensayo de germinación es el criterio principal y el más aceptado para estudiar la viabilidad de las semillas. Sin embargo, productores e investigadores lo han considerado como inadecuado y/o fuera de la realidad. La crítica al

análisis de germinación estándar se basa en que ese ensayo se realiza bajo condiciones artificiales óptimas y controladas, por medio de métodos orientados a obtener el máximo de la potencialidad germinativa de la semilla. Por tal razón, los resultados de los ensayos de germinación se correlacionan muy bien con la emergencia a campo sólo cuando las semillas son sembradas bajo condiciones ambientales muy favorables. Pero para las condiciones óptimas preparadas en laboratorio, no siempre se presentan en el campo. Resulta por lo tanto que la proporción de semillas que producen plántulas en el campo es frecuentemente menor que el poder germinativo registrado en el laboratorio.

La elaboración del concepto de vigor se ha basado en dos ideas fundamentales:

- Vigor “perse” de una semilla, en términos de velocidad de crecimiento y de tamaño de plántula alcanzado.
- Susceptibilidad a condiciones de siembra no favorables.

Este concepto, ya vislumbrando en los primeros ensayos de semillas, fue expresado inicialmente con el término de “Triebkraft” literalmente “fuerza conductora”, “fuerza de empuje”, “driving force”. Este fue luego reemplazado por las palabras “vitalidad” o “energía de germinación” de confusa definición, hasta que en años recientes se ha impuesto el término “vigor” de las semillas.

La ISTA constituyó ya en 1950 un Comité de Ensayos de Vigor, en el cual, después de años de experimentación y de ajustes, en 1977 encontró consenso para la definición de vigor en los siguientes términos: “el vigor de las

semillas es la suma de aquellas propiedades que determinan el nivel potencial de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semillas durante la germinación y la emergencia de plántulas”. Las semillas con buen comportamiento serán denominadas de “alto vigor”, las de comportamiento pobre serán llamadas de bajo vigor. La Association Official of Seed Analysts, que representa la escuela norteamericana de tecnología de semillas, en forma más escueta y más incidente considera que el vigor de las semillas “comprende todas aquellas propiedades que determinan su potencialidad para una emergencia rápida y uniforme, y para el desarrollo de plántulas normales bajo una amplia gama de condiciones”. Es que el concepto de vigor resume diferentes características de la semilla; y fue laborioso encontrar una definición comprensiva de su naturaleza polifacética.

Objetivo de una prueba de vigor:

La evaluación del vigor de las semillas es importante debido a que hace posible evitar desuniformidad y establecimientos pobres, evitar replantaciones, lo que ocasionan aumento en el costo de producción, evita el aclareo al utilizar exceso de densidad de siembra por el desconocimiento del potencial de emergencia, además, permite conocer la capacidad de almacenamiento de la semilla para tomar decisiones tocantes a su utilización inmediata.

La evaluación de este atributo se realiza por medio de pruebas de vigor que son métodos reproducibles de laboratorio que distinguen semillas de diferentes niveles de vigor. Estos métodos están diseñados para proporcionar

información sobre el nivel que se espera de emergencia en el campo, de lotes de semillas.

Su objetivo es por lo tanto identificar lotes de semilla que son capaces de una rápida y uniforme emergencia en el campo y lotes con alta capacidad de emergencia en condiciones ambientales desfavorables. Los resultados de la prueba de vigor complementan los resultados de la prueba de germinación.

Una prueba de vigor debe ser reproducible y sus resultados deben mostrar correlación con la emergencia de campo bajo un rango de condiciones adversas de suelo.

METODOLOGÍA

Se colocaron 100 + 5 semillas en vasos de precipitado con 100 ml de agua, la semilla se depositó en un soporte metálico para evitar que fuese humedecida por el agua, se pusieron en una cámara en donde se aumento la temperatura a 43°C y a un tiempo de 72 hrs. La primera etapa de la prueba se logra el 25 de febrero, a las tres de la tarde, de ahí hay que sembrar con el método de sustrato de papel secante con doble papel y se enrolla como taco que posterior mente fue puesto a su germinación el 6 de marzo. (Bustamante, G. L. 1995) Taller de semillas. U. A. A. A. N. Cuadro 5

ANÁLISIS PROXIMAL.

Este análisis evalúa la calidad de un alimento en función de grupos de compuestos, además, es el punto de partida en la evaluación de un alimento.

El análisis próximo consta de las siguientes determinaciones: humedad, proteína cruda, material mineral o ceniza, extracto etéreo, fibra cruda y por diferencia a 100 extractos libre de nitrógeno (ELN).

❖ Cada determinación tiene el siguiente fundamento.

Determinación de humedad.

La cantidad de agua diluye el contenido de nutrientes sólidos y los hace más susceptibles de sufrir descomposición por enzimas tisulares, bacterias y hongos.

Se debe tener en cuenta las determinaciones que se van a realizar y si se tiene que determinar en base humedad y/o seca. Para evitar que las muestras no se descompongan ni contaminen se conservan en lugares oscuros, recipientes adecuados ámbar y cerrar herméticamente.

PRINCIPIO: La humedad de la muestra se pierde por la evaporación a causa del calor.

METODOLOGÍA: En una *cápsula de aluminio que se le determinó el peso consistente, se le añadió 2 grs. de muestra y se colocó en la estufa a una temperatura de 95 - 100°C, hasta obtener el peso constante. (A.O.A.C. 1980)

NOTA: Las muestras que contienen grasas se pueden perder por evaporación, por lo que se secan a 80°C, siendo esta temperatura aplicada a su vez a

muestras que presentan alto contenido de azúcares y alto contenido de materia orgánica.

CÁLCULOS:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(\text{peso de Cáp.} + \text{Muestra. Húmeda}) - (\text{peso de Cáp.} + \text{Muestra. Seca})}{\text{Peso de la muestra húmeda.}} \times 100$$

Determinación de Proteína Cruda.

Debido a que las proteínas contienen aminoácidos y el elemento base es el nitrógeno, los métodos de cuantificación de proteínas se fundamentan en la determinación del nitrógeno (suponiendo que todo el nitrógeno está en forma de proteína).

En caso de que las muestras contengan urea se sobre estima este valor y se debe hacer una corrección o cuando menos una observación al entregar el resultado del análisis.

PRINCIPIO: El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio por medio de la digestión con ácido sulfúrico en ebullición.

El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio, el amonio presente se descompone, a la vez se destila y recibe en una solución de ácido bórico, que luego es titulada con ácido sulfúrico estandarizado.

SOLUCIONES Y/O EQUIPO.

- Solución indicadora – indicador mixto, Solución estandarizada de HCL o $\text{H}_2 \text{SO}_4$ OIN. Esta solución es estandarizada con $\text{Na}_2 \text{CO}_3$, usando rojo de metilo como indicador, Ácido sulfúrico concentrado (grado reactivo),

Mezcla reactiva de selenio (mezcla catalizadora), Granalla de zinc (zinc granular), Solución de hidróxido de sodio al 45%, Solución de ácido bórico al 4%

Digestión

- Sé Peso el papel filtro y 1.0 gr. de muestra seca.
- Se colocó la muestra en un matraz Kjeldahl y añadió una cucharada de mezcla reactiva de selenio (mezcla catalítica).
- Se añadió 25 ml. de ácido sulfúrico concentrado por las paredes del matraz.
- Se introdujo unas perlas de vidrio al matraz Kjeldahl y colocó este, en el aparato digestor Kjeldahl para que ebulliciera, la temperatura no debe ser mayor de 300°C, por que se perdería nitrógeno.
- La digestión se terminó cuando el líquido estuviera claro (una hora), se apagaron las parrillas, se dejó enfriar y antes de la solidificación de la sal se agregó 250 ml. de agua destilada. (Si se solidificó el material disolver la sal totalmente).

Destilación

- Se prepararon matraces Erlenmeyer de 500 ml. y añadió 50 ml. de ácido bórico (H_3BO_3) al 4%, se añadió colorante mixto (3-5 gotas).
- Se colocaron los matraces bajo los condensadores, introduciendo los tubos dentro de los mismos para recibir el destilado y coleccionar 250 o 300 ml de volumen.

- A los matraces Kjendahl digeridos y con agua, añadió 110 ml. de NaOH al 45% y unos gránulos de zinc (catalizador), se conectaron al destilador rápidamente. Una vez ajustados de los tapones del condensador, se mezcló el contenido del balón rotándolo suavemente, se prendieron las parrillas y se destiló el volumen suficiente (300 ml.).
- Se tituló el amonio recogido, con ácido sulfúrico estandarizado (O.IN) hasta que desapareció el color verde.
- Teniendo cuidado en el punto de equivalencia, que consiste en un equilibrio entre la parte ácida y la parte básica, por ello en la titulación se debe tomar en cuenta el primer cambio.

CÁLCULO:

$$(\%) \text{ de Nitrógeno} = \frac{[(V \text{ de ácido}) (N \text{ Ac})] - [(V_{bco}) (N_{bco}) \times 0.014]}{\text{gr. de muestra}} \times 100$$

$$\text{Proteína (\%)} = N \times 6.25$$

NOTA: 0.014 son los meq / gr de nitrógeno. Cuadro 6

soluciones utilizadas.

- Solución indicadora 0.05% rojo de metilo y 0.1% de verde de bromocresol, disuelve en 100 ml. de alcohol al 95%, Solución de hidróxido de sodio al 45%. 450 gr. de NaOH en un litro de agua destilada, Solución de ácido bórico al 4%. 40 gr de H₃BO₃ en un litro de agua destilada, Solución estandarizada de H₂SO₄ o IN, se mide 2.8 ml de H₂SO₄ concentrado en un litro de agua destilada.

Extracto Etéreo.

Los aceites o grasas en una muestra seca se extraen con un solvente no polar: hexano, benceno o éter de petróleo. Desgraciadamente también se extraen otros compuestos no polares como ceras y pigmentos, por ejemplo: en forrajes verdes que son ricos en clorofila y pigmentos se obtienen resultados más altos de lo normal y consiste en la extracción de compuestos solubles por medio de calor con un solvente adecuado (no polar de preferencia o ligeramente) por un tiempo determinado según la muestra (8-16 hrs.) (AOAC. 1980, Manual. 1987 análisis proximal) cuadro 8

PROCEDIMIENTO:

- Se introdujeron los matraces para extracción que contenían perlas de vidrio en la estufa hasta obtener peso constante a una temperatura de 100°C.
- Se pesó el papel filtro, 5.0 gr. de la muestra se colocó en un dedal limpio e identificado y se tapó con algodón.
- Se colocó el dedal con la muestra en un sifón y se fijó bajo el condensador del aparato de extracción (refrigerante).
- Al matraz de extracción se le agregó 200 ml. de solvente (hexano), se colocó bajo el sifón y sobre la manta del calentamiento, asegurándose de que quede bien fijo. Se abrió la llave del agua corriente para que enfríe y se prendió las mantas de calentamiento. La extracción se efectuó en 8

hrs. (Tiempo suficiente para evitar errores en los resultados), el goteo adecuado debe de ser 2-3 gotas por segundo.

- Después de completar la extracción se apago las mantas y se dejo enfriar, se saco el dedal del sifón para recuperar el solvente en rota vapor hasta sequedad.
- Se pusieron los matraces en la estufa a 80°C por dos horas, pasando este tiempo se cuelan los matraces en el desecador, y se dejaron enfriar por 30 minutos para pesarlos.

REACTIVOS: Solvente (hexano)

CÁLCULOS:

$$\% \text{ Extracto Etéreo} = \frac{\text{peso cte. (matraz + extracto etéreo)} - \text{peso del matraz solo}}{\text{Gramos de muestra seca}} \times 100$$

Material Mineral o Ceniza.

Es el residuo de la calcinación de la muestra o eliminación de la materia orgánica y el agua. Como esta determinación no señala que minerales la componen, en nutrición no es importante. Sin embargo, es el punto de partida en la determinación de minerales y además es importante en el cálculo de materia orgánica de una muestra (alimento, forraje). Temperaturas superiores a 600°C pueden provocar volatilización de sales minerales y producir errores.

PRINCIPIO: La muestra seca y se incinera a 600°C para quemar todo el material orgánico. El material orgánico que se destruye a esta temperatura se le llama ceniza, cuadro 8.

PROCEDIMIENTO

Se colocaron los crisoles limpios e identificados en una mufla a 500°C durante una hora, luego se pasaron los crisoles de la mufla al desecador y dejaron enfriar por una hora. Se pesaron los crisoles y se volvieron a poner en la mufla para comprobar peso.

Se pesaron 2 gramos de muestra seca y se paso al crisol, se quemó la muestra en un mechero y luego paso a la mufla a temperatura de 500°C durante la noche y el tiempo necesario. A la mañana siguiente se paso el crisol a un desecador y dejó enfriar por una hora, se peso el crisol y se vuelve a llevar a la mufla para checar el peso (peso constante)

CÁLCULOS: % de Ceniza =
$$\frac{**\text{Peso del crisol} + \text{ceniza} - * \text{peso del crisol solo}}{\text{Gramos de la muestra}} \times 100$$

NOTA:

La determinación de ceniza se lleva desde una hora hasta 24hrs, y depende de su constitución. No todas las cenizas son blancas, algunas son grises, verdes o cremas. Para saber que ya está la ceniza, se observa el crisol periódicamente hasta que no presente ningún residuo negro.

*crisol de porcelana

**el peso debe ser constante para tomarlo como base de cálculos.

Determinación de Fibra Cruda (MÉTODO DE WEENDE)

Es una mezcla heterogénea de glúcidos (celulosas y hemicelulosas) y otros materiales como lignina, esencialmente indigeribles por animales de

estómago simple. Los métodos de análisis establecen una doble digestión primero con ácido sulfúrico y después con hidróxido de sodio, sin embargo se ha probado que estas dos digestiones disuelven hasta el 80% de hemicelulosa, del 20 – 50% de la celulosa y del 50 – 90% de la lignina presente en la muestra, lo que subestima el contenido de fibra cruda. También el cambio en la concentración de los reactivos y el tiempo de digestión alteran los resultados.

GRANO

Este método cuantifica las sustancias resistentes a la digestión ácida o alcalina de la muestra. Cuando se efectúa la digestión ácida se disuelve parte de la hemicelulosa presente en la muestra y al efectuar la digestión alcalina se disuelve parte de la lignina, por lo tanto, el resultado obtenido es menor que el valor real.

EQUIPO:

- Aparato de extracción que consiste de calentadores con reguladores y refrigerante, Mufla, Material y reactivos, Tela de lino para filtrar, Solución de H_2SO_4 0.255N, Solución de Na OH 0.313N (en agua libre de CO_3), Alcohol Octílico (antiespumante), Crisoles de porcelana

Digestión Ácida

Se peso con exactitud 2.0 gr de muestra seca y extraída con hexano, y se coloco en un matraz Erlen meyer de 600 ml. Si la muestra contiene menos del 1% de extracto etérico, la extracción se puede omitir. Añadió 200 ml de solución sulfúrica y una gotas de solución antiespumante, se hirvió la solución

por 30 minutos (se toma el tiempo desde que empieza a ebulir). Se filtro el contenido del matraz a través de la tela de lino y se lavo con agua caliente (desmineralizada o destilada) hasta quitar el ácido. Cuadro 8

Digestión Alcalina

Se transfirió el residuo del filtrado anterior al matraz Erlen meyer, se añadió 200 ml de solución de hidróxido de sodio y se hirvió por 30 minutos como en el caso anterior. Se filtro el contenido del matraz y se lavo con agua destilada o desmineralizada hasta quitar el exceso de hidróxido. El residuo se raspo con una espátula y transfirió a un crisol de porcelana. Cuadro 8

SECADO Y CALCINACIÓN

- Se seco el crisol con su contenido a 120°C durante 2 horas y se dejo enfriar en el desecador y se peso.
- Se calcino a 600°C por 30 minutos y se dejo enfriar en el desecador y se peso nuevamente.

CÁLCULOS:

% Fibra cruda

$$\text{Muestra seca y Desgrasada} = \frac{(\text{P. Crisol estufa} - \text{P. Crisol mufla})}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

Extracto Libre de Nitrógeno. (ELN)

Este valor se estima por diferencia restando de 100 los porcentajes de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y materia mineral. Está

constituido por almidones, azúcares solubles, pectinas, ácidos orgánicos, mucílagos y también incluye cantidades variables de celulosa y ligninas.

Nitrógeno. (Para muestras libres de Nitratos)

- Se peso 0.7 gr – 2.2 gr y coloco en un matraz de digestión, se añadio una mezcla catalítica de selenio o K_2SO_4 y $CuSO_4$ (en proporción de 20:1). Se agrego al matraz Kjendahl 25 ml de H_2SO_4 concentrado. Si la muestra que se peso es mayor de 2.2 gr, se añadiría 10 ml, más de H_2SO_4 por cada gramo de muestra. Se coloco en el aparato de digestión, y sé ebullo hasta que el líquido estuvo claro (aproximadamente 2 horas para descomponer la materia orgánica), la temperatura no debe de ser mayor de $350^{\circ}C$.
- Se puso a *Enfriar, y se añadió 200 ml de agua fría aproximadamente, se pusieron unos granillos de Zinc para prevenir saltos, se aplico 110 ml de solución de NaOH al 45%, sin agitación (por cada 10 ml de H_2SO_4 , y se añadió 15 gr. de NaOH, o suficiente solución para alcalinizar fuertemente) Inmediatamente se conecto al matraz Kjeldahl al condensador y a destilar, recibido el NH_3 en un matraz Erlen meyer que contuvo 50 ml de H_3BO_3 al 4%, hasta que el volumen de este matraz fue de 250 o 300 ml, y se titulo el matraz que contenía NH_3 con H_2SO_4 – 0.1N (estandarizado) (ver preparación de soluciones en proteína sección análisis proximal). Cuadro 8

CÁLCULOS:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{(V \text{ de ácido}) (N \text{ Ac}) - (V_{bco}) (N_{bco})}{W} \times 0.014 \times 100$$

gr. de muestra

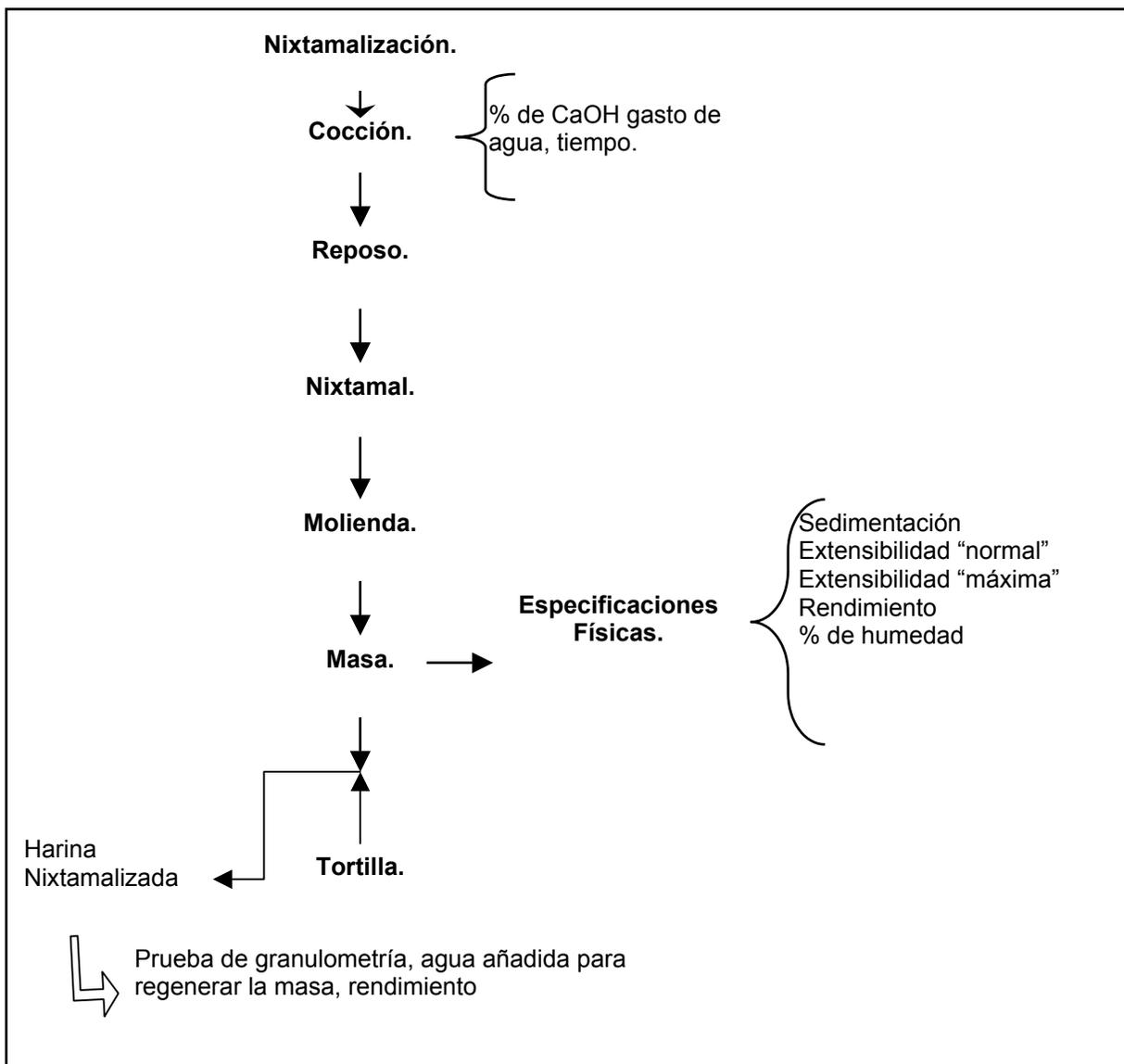
PARA REDUCIR EL ERROR EN LAS DETERMINACIONES ES
CONVENIENTE:

- Conservar las muestras adecuadamente.
- Trabajar las muestras por duplicado.
- Hacer blancos.

**PRUEBAS DE NIXTAMALIZACIÓN REALIZADAS EL 28/MAYO/2002, EN EL
LABORATORIO DE NIXTAMALIZACIÓN DEL INSTITUTO MEXICANO DEL
MAÍZ DE LA U. A. A. N. EN MUESTRAS DE SORGO BLANCO (VAN-
SB2000) Y MAÍZ CRIOLLO.**

Para estudiar cada uno de los aspectos que se consideraron significativos en el proceso de Nixtamalización de la variedad de sorgo blanco VANSB-2000 y el compararlo con un maíz criollo, se realizaron las siguientes etapas en las que consistieron de aplicación de técnicas que permitieran analizar la variedad y que se consideraron significativas durante el proceso de transformación de grano – tortilla trabajando bajo el siguiente esquema siguiendo el modelo implementado por García, H. M. E (1984).

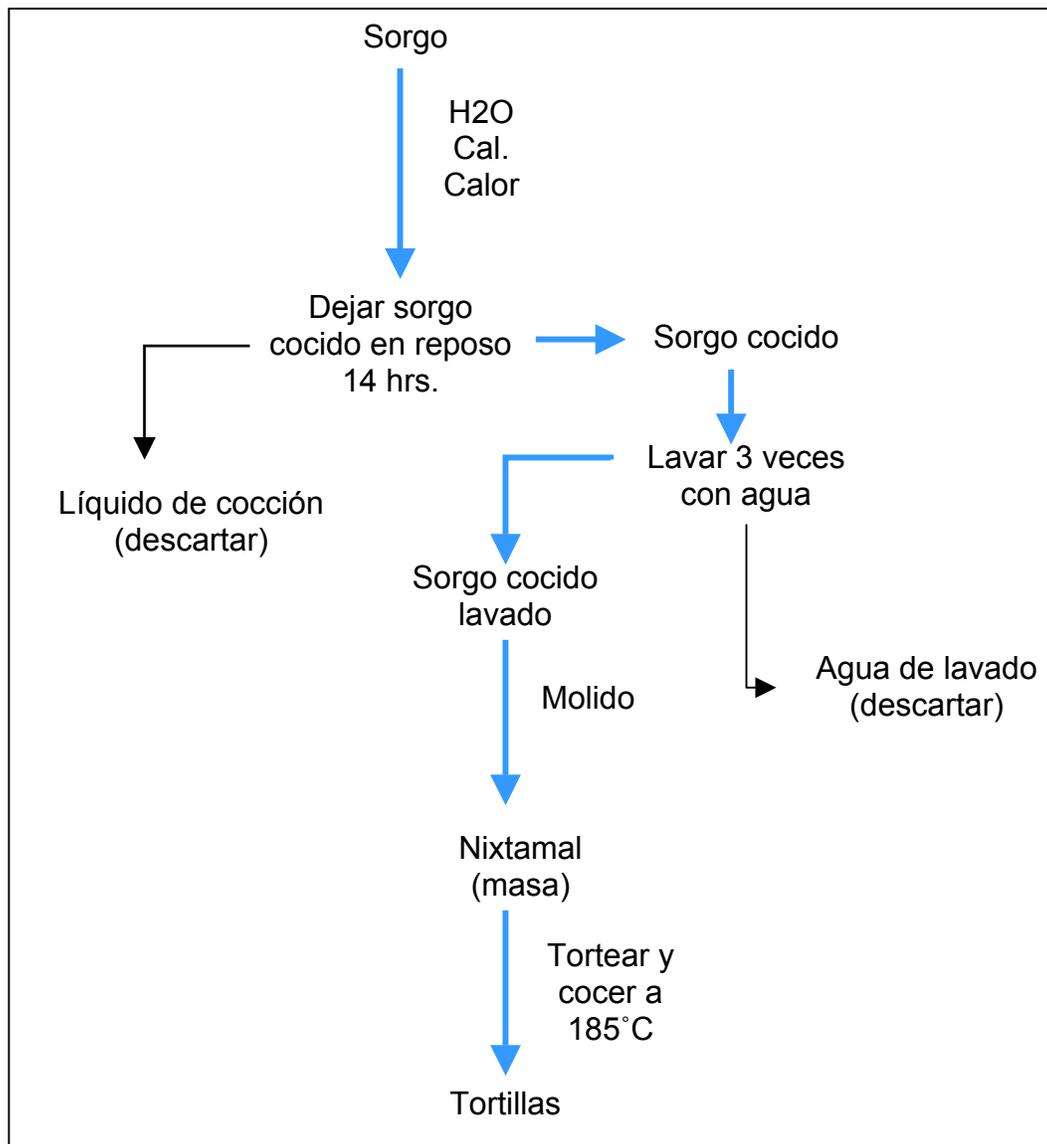
Figura 1.- Esquema del proceso de nixtamalización, obtención de la masa



La Nixtamalización se realizó de acuerdo al método casero citado por García, H. M. E (1984) el cual se muestra en la figura no. 2 con algunas modificaciones, utilizando en las pruebas lechadas de cal (hidróxido de calcio) al 2%; durante la cocción fue medido el volumen de agua y el tiempo que requirió cada muestra. El tiempo de reposo en las pruebas fue de 14 horas, la

molienda se hizo en húmedo utilizando un molino de mano que es el que utilizan en el medio rural las esposas de los campesinos.

Figura 2.- Modificación del método para sorgo



Se utilizaron muestras de 100 grs. De sorgo en dos casos, colocándose en vasos de precipitados de 600 ml. A los que se adiciono un volumen inicial de

200 ml habiéndose añadido durante la cocción una cantidad variable de agua según se requirió en cada muestra.

Se colocaron las muestras en una parrilla de laboratorio que poseen termostato en cada parrilla, lo cual permite uniformizar la temperatura de la fuente de calor en las muestras; cada vaso fue tapado con un vidrio de reloj para evitar excesiva pérdida de vapor de agua durante la cocción y el tiempo fue medido desde el momento de iniciar la cocción hasta que el grano pudo ser fácilmente removido con la mano.

Después del reposo se separó el agua del cocimiento (nejayote) y por decantación fue eliminada, enseguida el nixtamal fue lavado tres veces con agua.

El nixtamal fue molido adicionando pequeñas cantidades de agua sola para facilitar la molienda, la masa obtenida fue amasada manualmente añadiendo nuevamente agua en pequeñas cantidades hasta lograr la consistencia necesaria que permitiera la elaboración de las tortillas.

A la masa obtenida se le determinó extensibilidad “máxima” y “normal” así como sedimentación, humedad y rendimiento.

Para obtener tanto lo que denominó extensibilidad “normal” como extensibilidad “máxima” se usa una prensa manual para hacer tortillas, utilizando muestras de 10 gr de masa que se colocaron de manera habitual de hacer tortillas a nivel doméstico, ejerciendo presión sobre la prensa y haciendo tortillas de un espesor que permitiera su manipulación para cocerse enseguida, a la tortilla obtenida se le fue midiendo su diámetro y a esta lectura se le denominó extensibilidad “normal”; Utilizando el mismo método pero ejerciendo una presión mayor hasta

lograr romper el límite de extensibilidad y midiendo el diámetro así alcanzado fue lo que se denominó extensibilidad “máxima”.

La sedimentación de la masa fue calculada por un método gravimétrico el cual se desarrolló de la siguiente manera: se pesaron 10 gr de la masa los cuales se mezclaron en licuadora con 50 ml de agua para homogenizar la muestra.

Enseguida se enjuagó la licuadora con 100 ml más de agua y se dejó reposar la mezcla por dos horas, decantado el líquido, el sedimento fue filtrado y posteriormente llevado a peso constante en estufa, enfriándose en desecador.

El porcentaje de sedimentación se obtuvo pesando el sedimento en papel, desechando enseguida el sedimento y por diferencia obtener su peso, calculándose de la siguiente manera:

$$\% \text{ Sed.} = \frac{(\text{peso papel} + \text{sedimento}) - \text{peso papel}}{10 \text{ g (muestra)}} \times 100$$

la humedad de la masa fue determinada en estufa según el método citado por García H. M. E. (1984) el cual consiste en someter las muestras exactamente pesadas a la acción del calor en estufa eléctrica con corriente de aire de 70°C a 80°C durante 18 horas pesando la muestra. Se colocó nuevamente a la estufa por una hora pesándose hasta obtener peso constante, obteniendo la pérdida de humedad por diferencia de peso, calculándose de la siguiente manera:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(\text{peso de agua})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad \text{donde:}$$

Peso inicial = peso constante del crisol + muestra seca.

Peso final = peso del recipiente + muestra seca.

Peso del agua = peso inicial – peso final.

El rendimiento de la masa fue calculado sobre la base seca del grano de la siguiente manera.

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{g de masa}}{\text{g de sorgo}} \times 100$$

Para la obtención de harina, la masa fue secada en la estufa eléctrica con corriente de aire y molida en seco, al producto así obtenido se le hicieron las siguientes determinaciones: prueba de granulometría para determinar el tamaño de las partículas, debiendo pasar mínimo el 75% de la harina por un tamiz No. 60 M – 60 US (abertura de la malla de 250 micrones) según Norma Oficial Mexicana NOM B – 231 García H. M. E. (1984).

También se cuantificó en mililitros de agua necesaria para regenerar la masa a partir de harina y se calculó el rendimiento de harina tomando como base seca el grano limpio de la siguiente manera:

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{g de harina}}{\text{g de sorgo}} \times 100$$

Las tortillas se elaboraron tanto a partir de la masa como de la harina Nixtamalizada de la siguiente manera:

Se tomaron 10 gr. de masa, prensándola en la tortilladora manual en seguida se colocaron en un comal para su cocimiento; el cual requiere para el llamado “derecho” de 14 a 16 segundos y la cocción de la parte “revés” de 18 a 20.5

segundos, esto hasta que la superficie en contacto con el comal deja de tener el color beige opaco de la masa transformándose en color amarillo.

El promedio total del tiempo de cocción es de 37 segundos, observándose en la superficie el cambio de color y se observa una sola ámpula, cuando esto ocurre se considera que la tortilla esta cocida retirándola enseguida del comal.

Con el producto elaborado se calculó el rendimiento de tortilla de la siguiente manera:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso de la tortilla seca}}{\text{Peso de la tortilla húmeda}} \times 100$$

SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE SORGO CON CARACTERISTICAS

DESEABLES.

Selección de Genotipos de Sorgo por el Método de Densidad Variable Usada para Maíces Palomeros.

Mediante la utilización de compuestos volátiles como el cloroformo y el acetato de etilo, es posible separar la semilla de sorgo normal en base, a su densidad específica que es directamente proporcional al peso y guarda correlación positiva con el rendimiento por hectárea y en casos de maíz palomero con volumen de expansión y calidad.

Fundamento: El maíz es pilar de la alimentación del mexicano, además de ser la principal fuente proteica de grandes sectores de la población, por tal motivo

es urgente elevar la calidad y el rendimiento de alternativas de cultivos como en el caso del sorgo.

Tanto los productores de semilla mejorada como agricultores con cierto grado de avance tecnológico al intentar obtener mayores rendimientos y pretender con ello mayor ganancia económica, le han venido dando gran importancia a la calidad de la semilla, por lo que en los últimos años la separación de la misma en tamaño, peso, densidad y forma ha resultado ser una herramienta en el mejoramiento de la calidad de la semilla misma.

Nota.

Las siguientes pruebas han sido seleccionadas para el análisis de muestras en maíces palomeros ya que muestran correlación positiva con el volumen de expansión y no existen pruebas definidas para determinar la expansión de sorgos, por tal razón el siguiente procedimiento fue utilizado para realizar las pruebas a la VANSB2000 haciendo mención nuevamente que es solamente utilizado en maíces palomeros.

Procedimiento:

1. Se peso 25 cc de muestra de sorgo blanco VANSB-2000. El volumen de la muestra se pesa y se reporta en grs.
2. Luego se cuenta el número de granos en 25 cc de la muestra de la VANSB-2000. (Se contó el total de granos por muestra)
3. Se pesaron 100 granos, estos se pesan y se reporta el dato en grs. Para las siguientes mediciones se tomaron 10 granos de la muestra y se procedió a medirlos:

4. Longitud del grano, Ancho del grano. Grosor del grano. La medida se realizo con vernier y se reporto el dato en mm.
5. Expansión de la semilla. Se proceso el sorgo blanco VANSB-2000 (elaboración de palomitas) tomando una segunda muestra de 25 cc en una palomera eléctrica sin adicionar grasa o aceites. Al final se midió el volumen en la probeta graduada reportando el dato en cc.

Capacidad de Expansión del Grano.

Se obtiene de la relación entre el volumen inicial del grano y el volumen final de las palomitas, obteniéndola de la siguiente forma:

$$\text{No. De Volúmenes} = \frac{\text{Volumen final}}{\text{Volumen inicial}} = \text{Calidad}$$

Densidad Variable.

El método se basa en la utilización de una mezcla con densidad variable constituida de cloroformo y acetato de etilo como indicador de la densidad del grano. La solución presenta una ventaja de mezclarse rápidamente y no afecta la germinación de la semilla al volatilizarse rápidamente, otro aspecto importante es correlación positiva que existe entre la densidad específica del grano y la capacidad de expansión de los maíces palomeros.

Se vacía la muestra restante de grano en la solución de densidad variable, observando la precipitación de los granos; a mayor precipitación mayor calidad del grano. De acuerdo a lo anterior se plantea un ejemplo:

$$\begin{aligned} P &= D \times V \\ P &= 1.471 \times 150 = 220.65 \\ P &= 0.893 \times 33 = 29.469 \\ D &= \frac{220.65 + 29.469}{150 + 33} = 1.36 \end{aligned}$$

Se empieza a trabajar con la densidad de 1.36; si no hay precipitación de 30 granos se baja la densidad; en caso de que precipite toda la muestra se sube la densidad y se efectúa la selección.

Al final la muestra total es dividida en dos, etiquetándolas de la siguiente forma:

A = Semilla precipitada → campo (0 remanente)

B = Semilla sobrenadante → (desecho)

Se prepara la solución de cloroformo y acetato de etilo en las siguientes proporciones:

- Cloroformo densidad específica 1.47 = 150 ml
- Acetato de etilo densidad específica 0.893 = 33 ml
- Las fórmulas utilizadas son las siguientes:
- $D = M / V$; $D = P / V$; $P = D \times V$

Donde:

D = Densidad en gr. cc.

P = Peso – masa en grs.

V = Volumen en cc.

Densidad específica de la muestra.

Se obtiene dividiendo el volumen de la muestra (25cc) entre el peso del mismo volumen, reportando el dato en cc , grs.

Calidad en sorgos palomeros normales o búsqueda de mayores rendimientos por hectárea.

Material y Reactivos:

- Papel anchor, Cinta Masking Tape, Agua, Ligas, Bolsas de Polietileno, Cestas de Alambre, Recipientes de vidrio con tapa.

Equipo:

- Cámara germinadora.

Separación de la Semilla (densidad):

La separación por densidad se realiza con el siguiente método de densidad variable que consiste en preparar una solución con cloroformo que tiene una densidad de 1.471 y Acetato de Etilo con una densidad de 0.893, (Las densidades pueden ser modificadas dependiendo del material genético)

Procedimiento:

Tomando en cuenta la densidad específica del cloroformo y acetato de etilo; las densidades se obtienen de la siguiente manera.

- Densidad específica del cloroformo = 1.471.
- Densidad específica del acetato de etilo = 0.893.
- $D = P / V$.
- $P = D * V$.

Donde:

P = Peso específico requerido para cada densidad o tratamiento.

D = Densidad de cada una de las sustancias.

V = Volumen requerido de cada una de las sustancias para obtener la densidad Establecida para cada tratamiento.

150 ml de cloroformo.

48 ml de acetato de etilo.

$P = 1.471 * 150 = 220.650$ de cloroformo.

$P = 0.893 * 48 = 42.864$ de acetato de etilo.

$D = \frac{P}{V} = \frac{220.65 + 42.864}{150 + 48} = \frac{263.514}{198} = 1.33$

PRUEBA DE RESISTENCIA (GERMINACIÓN) A SEQUÍA CON MANITOL COMO SECUESTRADOR DE HUMEDAD.

Siembra en taco (papel germinador o secante) Y Secuestradores de humedad. (Manitol)

Mediante el uso de compuestos de alto peso molecular como el manitol y polietilenglicol que actúan secuestrando agua y simulan condiciones de estrés hídrico y mediante el uso de la semilla completa de sorgo es posible identificar genotipos tolerantes a sequía.

Fundamento:

La sequía o deficiencia de agua es el factor ecológico que más limita la producción de las cosechas. En nuestro país el 80% de la superficie cultivada depende de la precipitación pluvial como única fuente de agua y en el mundo esta área representa el 75%. El medio ambiente es imposible de controlar y por esta razón es urgente la selección de materiales genéticamente tolerantes a sequía.

Material y Reactivos:

- Papel germinador o Secante, Cinta masking tape, Semilla de sorgo VANSB-2000, Lápiz tinta, Bolsas de polietileno.

Equipo:

- Balanza analítica, Incubadora, Destilador.

Procedimiento:

Para la evaluación de genotipos en laboratorio se sembraron 100 semillas por taco en un sustrato de papel secante del utilizado en ensayos de

germinación y humedecidos a saturación completa con las soluciones a la concentración a evaluar previo humedecimiento. Se utilizo doble hoja del mismo tamaño y cantidad de solución; en una se siembro y con la otra se cubre. Para la preparación de estas soluciones se siguen las ecuaciones propuestas por Van't Hoff para manitol que es un derivado de azúcar.

Una vez hecho lo anterior, el papel secante con la siembra de semillas es enrollado en forma de taco. Posteriormente a esto, cada taco, previamente identificado es colocado en bolsas de polietileno en una cámara germinadora con luz de 25 a 28°C.

Para la toma de los datos 7 días es suficiente para los testigos, pues después de ello ya no se marcan tanto las diferencias.

Evaluación de 10 semillas por taco con Manitol (- 5 Bares) Prueba de Sequía.

En esta prueba se tomo como datos principales las longitudes tanto de tallo como de raíz para evaluar su crecimiento conjuntamente de su resistencia a la sequía, con una repetición.

PREGUNTAS REALIZADAS EN LA ENCUESTA CON RELACIÓN A PRODUCTOS ELABORADOS BASÁNDOSE EN SORGO BLANCO (VAN-SB2000), LOS DIAS 8 Y 9 DE JUNIO DEL 2002 EN EXPOAMBIENTE.

Se acercaron 100 personas a las cuales se les dio a comer un tamal a cada una de ellas y se les ofreció a voluntad otro tipo de productos a probar como:

Hotcakes, Pastel, Palomitas de sorgo, Dulce de sorgo, Granola de sorgo y Tamales. Las preguntas fueron las siguientes de acuerdo a la encuesta:

- 1.- ¿Cuál es nombre del producto que se le dio a comer?**
- 2.- ¿Qué le ha parecido el sabor del producto que usted probó? Explíquelo**
- 3.- ¿Con el sabor, usted puede saber qué cereal o grano fue utilizado para fabricación de este producto?**
- 4.- ¿El sabor del producto es igual o parecido al sabor de otro producto que usted haya comido? Mencione**
- 5.- ¿Le han dicho a usted ahora cuál es la base de lo que está elaborado el producto que ha comido?**
- 6.- ¿Si le ha gustado a usted el sabor del producto podría recomendarlo, y mencionar algunas otras formas de aplicar esta clase de harina a otros alimentos?**
- 7.- ¿Cuánto pagaría usted por el producto que le han dado a comer?**
- 8.- ¿Qué piensa acerca de las posibilidades de introducir esta clase de alimentación basada en sorgo con potencial para el consumo, al mercado actual?**

RESULTADOS Y DISCUCIONES

Prueba de Humedad

Correspondió al 11.83%, lo cual significa que posee una humedad conveniente para su almacenamiento.

Prueba de Pureza

El análisis de pureza física proporciona la información de composición porcentual de la muestra analizada para diferenciar el lote de semillas

- 85.45 g de semilla pura = al 94.95%
- 03.70 g de otras semillas = al 4.11%
- 00.85 g de material inerte = al 0.94%

Peso Volumétrico en Hectolitros (HL)

Este parámetro es en función del peso de la semilla ocupando un volumen y varia según la especie.

- a) 76.00 KgHL⁻¹ b) 76.00 KgHL⁻¹ c) 75.70 KgHL⁻¹

Peso de 1000 Semillas

CUADRO 1.- Se cuentan ocho grupos de 100 semillas y posteriormente se pesaron.

a)	3.55 gr.	e)	3.43 gr.
b)	3.50 gr.	f)	3.50 gr.
c)	3.46 gr.	g)	3.48 gr.
d)	3.48gr.	h)	3.42 gr.

Aquí se le da mayor importancia a la semilla con mayor peso ya que es capaz de generar plantas más vigorosas.

RESULTADO:

Promedio del peso de las muestras = 3.73 grs., Varianza = 0.00173571,
Desviación estándar = 1.15924334.

Capacidad de Germinación

CUADRO 2.- El 1 de Marzo de 2002 se efectuó la evaluación de germinación

	Taco No.1 Num. Semillas	Taco No.2 Num. Semillas	Taco No.3 Num. Semillas	Taco No.4 Num. Semillas
Normales	97	93	97	96
Anormales	02	07	01	03
Muertas	01	00	02	01

Mostrando una excelente capacidad de germinación con un porcentaje del 95.7

Prueba de Vigor

CUADRO 3.- Prueba de vigor o envejecimiento prematuro (resultados)

	Taco No.1 Num. semillas	Taco No.2 Num. semillas	Taco No.3 Num. semillas	Taco No.4 Num. semillas
Normales	99	94	100	97
Anormales	01	04	00	03
Muertas	00	02	00	00

Una de las pruebas más importantes es la del envejecimiento prematuro, aquí se pone a la semilla en condiciones adversas, la cual mostró un mayor índice de germinación en 97.5%

ANÁLISIS PROXIMAL**Determinación de humedad**

La determinación en la cantidad de agua que diluye el contenido de nutrientes sólidos y los hace más susceptibles de sufrir descomposiciones por enzimas tisulares, bacterias y hongos. Cuya humedad es menor a la del maíz.

CUADRO 4.- Resultados del análisis bromatológico, de la VAN-SB 2000 en grano molido y en maíz criollo.

Clave	Repetición	Humedad %	Ceniza %	Grasa %	N ₂ %	Proteína %	Fibra cruda %	Extracto libre de nitrógeno.
SB	1	7.16	1.64	3.92	1.95	12.22	4.47	77.75%
SB	2	7.18	1.69	3.87	2.04	12.77	4.39	72.89%
Maíz	1	7.50	1.98	3.97	1.83	11.49	5.70	76.86%
Maíz	2	7.46	1.95	3.81	1.77	11.10	5.25	77.88%

Proteína Cruda

En la determinación de la proteína se manifiesta un incremento en la muestra de sorgo, lo cual lo hace mejor.

Extracto Etéreo

Los aceites y grasas son un importante elemento que provoca el enrranciamiento de los alimentos, por lo tanto la muestra de sorgo reporte una pequeña disminución en grasa.

Material Mineral o Ceniza

Esto es el residuo de la muestra, la materia orgánica y el agua que se catalogan como no nutricionales, por lo que la muestra de sorgo demuestra contener bajo material mineral.

Fibra Cruda

Es una mezcla heterogénea de celulosas y hemicelulosas, acompañados de lignina que son indigeribles por seres de estómagos simples, como el hombre más ayuda a la eliminación de otros elementos que el organismo no aprovecha.

Elementos libres de Nitrógeno

Está constituido por almidones, azúcares solubles, pectinas, ácidos orgánicos, celulosas y ligninas.

PRUEBAS DE NIXTAMALIZACIÓN

Determinación del Volumen de Nejayote y Peso del Nixtamal

CUADRO 5.- determinación de nejayote y peso de nixtamal en la VAN-SB 2000 y el mismo maíz criollo.

Clave	Peso grano	Cal %	Vol. H ₂ O	Tiempo cocción	Tiempo reposo	Vol. Total nejayote	Peso total nixtamal
SB	100 gr.	1 gr.	200 ml.	40 min.	14 hrs.	5 ml.	218.5 gr.
SB	100 gr.	1 gr.	200 ml.	40 min.	14 hrs.	5 ml.	213.6 gr.
Maíz	100 gr.	1 gr.	200 ml.	60 min.	14 hrs.	4 ml.	150 gr.
Maíz	100 gr.	1 gr.	200 ml.	60 min.	14 hrs.	4 ml.	146 gr.

La cuestión es que el nejayote es el agua del nixtamal que no fue consumida por el proceso, por lo cual la muestra de sorgo utiliza menos que la del maíz por cada 100g

Determinación de sólidos

CUADRO 6.- Determinación de sólidos totales en la masa.

Clave	Identificación	Peso Muestra	Peso Vaso Vacío	Peso Vaso + sólidos	Sólidos Totales
SB	VAN-SB2000	5ml	30.4247	30.7253	0.3006=6.012%
SB	VAN-SB2000	5ml	19.8751	20.1577	0.2826=5.65%
Maíz (1)	Jiménez Chih.	2ml	21.2042	21.4402	0.2360=11.2%
Maíz (2)	Jiménez Chih.	2ml	24.1012	24.3393	0.2381=11.90%

Esta determinación quiere decir que son más o menos los sólidos que se desprenden de la materia prima en la cocción (el grano)

Sedimentación de la Masa

CUADRO 7.- Laboratorio de Nixtamalización y sedimentación resultado en masa

Material	Clave	gMasa	Peso papel + muestra seca	Peso papel grs.	Peso muestra por diferencia	Sedimentación
VAN-SB	SB-1	10gr	4.5400gr	0.9400	3.6000	36.00%
VAN-SB	SB-2	10gr	4.4722gr	0.8692	3.6030	36.03%
Maíz (1)	J. Chih.	10gr	4.7015gr	0.9015	3.8000	38.00%
Maíz (2)	J. Chih	10gr	4.7718gr	0.8620	3.9098	39.09%

Determinaciones físicas grano a masa

CUADRO 8.- Determinaciones físicas grano-masa

Material	ml. Nejayote	Sólidos totales	%Húmedad masa	Sedimentación %	Rendimiento %	Agua Añadida Masa-grano	H ₂ O /regenerar Harina
VAN-SB	5ml	6.02	57.3%	36.00	118.5	No	90ml
VAN-SB	5ml	5.65	57.3%	36.03	113.6	No	90ml
Maíz (1)	2ml	11.80	57.0%	38.00	25	100ml	20ml
Maíz (2)	2ml	11.90	57.4%	39.09	23	100ml	20ml

Pruebas de Harina Nixtamalizada

CUADRO 9.- Pruebas en harina Nixtamalizada.

Clave	Peso Masa Seca a 30 ^a C	Peso Masa Molida recuperada	Peso masa seca no paso maya No. 60	Peso masa seca que paso maya No. 60	Granulometría	Color tortilla según guía	Peso total muestra regenerada
VANSB	103.0785	100.0795	72.32	26.25	26.22	75	98.57
VANSB	103.0790	100.790	72.30	26.27	26.24	75	98.57
Maíz(1)	36.20	36.15	23	13	35.96		65.0
Maíz(2)	36.14	36.10	24	12	33.24		64.72

Tortillas con Harina Nixtamalizada

CUADRO 10.- Pruebas de tortillas elaboradas con harina Nixtamalizada

Clave	Peso total de la masa	Gramos de masa p/cude las tortillas	Diámetro inicial de la masa	Extensión Max	Tiempo de cocimiento de la tortilla	Peso de la tortilla húmeda grs	Peso tortilla seca grs
VANSB	200.10	10 gr	2.5 cm	8.5	36 seg	6.76	4.1089
VANSB	200.19	10 gr	2.5 cm	8.5	38 seg	6.80	4.1090
Maíz(1)	65.0	10 gr	2.5 cm	7.0	42 seg	7.98	7.78
Maíz(2)	64.8	10 gr	2.5 cm	7.4	38 seg	7.18	6.97

Es esta etapa de las pruebas pudimos darnos cuenta que las tortillas de sorgo tardan mucho menos en cocerse que una de maíz, esto podrá representar ahorro de energía calorífica

Proximal de la tortilla de sorgo

CUADRO 11.- Sorgo Blanco, la tortilla (molida)

Clave	Repetición	Húmedad %	Ceniza %	Grasa %	% N2	Proteína %	Fibra cruda %	Extracto libre de Nitrogeno %
VANSB	1	3.92	1.77	3.11	2.23	13.99	3.25	77.75
VANSB	2	3.95	1.81	3.20	2.24	14.01	3.30	77.28
Maíz(1)	1	7.98	1.62	2.79	1.82	11.37	3.33	80.89
Maíz(2)	2	7.18	1.59	2.82	1.77	11.11	3.14	81.34

De acuerdo a los resultados de los análisis se demuestra un incremento de proteína después del proceso de nixtamalización

SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE SORGO PARA PALOMEROS

Características deseables

Mediante la utilización de compuestos volátiles como el cloroformo y el acetato de etilo, es posible separar las semillas de sorgo en base a su densidad ya que esta relacionada con la capacidad de expansión de las semillas, y de esta manera lograr el mejoramiento genético para esta característica.

Formación de la Solución con Densidad Especifica = 1.33 la cual pertenece a la **semilla** de la **VANSB-2000**

Método de densidad

Peso de 25cc = 18 g

Numero de granos en 25cc = 661 granos de sorgo VANSB-2000

Peso de 100 granos de sorgo VANSB-2000 = 3 g

Medidas de 10 granos de Sorgo VANSB-2000

CUADRO 12.- Medidas de los granos de sorgo

No. De Grano	Largo del Grano	Ancho del Grano	Grosor del Grano
1	4.4 mm.	4.0 mm	2.2 Mm.
2	4.6 mm	3.9 mm	2.3 Mm.
3	4.8 mm	3.8 mm	2.0 Mm.
4	4.8 mm	3.7 mm	2.2 Mm.
5	4.5 mm	4.0 mm	2.3 Mm.
6	4.5 mm	3.8 mm	2.4 Mm.
7	4.5 mm	4.0 mm	2.5 mm
8	4.6 mm	3.8 mm	2.6 mm
9	5.4 mm	4.0 mm	2.5 mm
10	4.4 mm	3.9 mm	2.4 mm

Expansión de 25cc a 30cc

Capacidad de Expansión del Grano

Se obtuvo con el volumen inicial grano y el volumen final de las palomitas, 30cc

Densidad Variable

1.36cc

Esto quiere decir que la semilla que no se precipite no es apta para la selección y el mejoramiento. Al final la muestra total es dividida en dos, etiquetándolas de la siguiente forma:

A = Semilla precipitada → campo (0 remanente)

B = Semilla sobrenadante → (desecho)

Separación de la Semilla (densidad)

En esta prueba se realizó la separación de 5 muestras de acuerdo al cloroformo y al acetato de etilo (1.27, 1.29, 1.31, 1.33, 1.35) donde semillas más pesadas precipitaron al fondo del recipiente.

RESISTENCIA (GERMINACIÓN) A SEQUÍA CON MANITOL COMO SECUESTRADOR DE HUMEDAD.

En esta prueba actúan secuestradores de agua y simulan condiciones de estrés hídrico y mediante el uso de la semilla completa de sorgo es posible identificar genotipos tolerantes a sequía, los cuales hallan germinado.

El resultado de 10 semillas por taco

CUADRO 13.- Longitudes de tallos y raíz en CMS, de las semillas normales.

No. DE SEMILLA	LONGITUD DEL TALLO	LONGITUD DE LA RAÍZ
1	13.21 CMS	12.30 CMS
2	10.00 CMS	11.50 CMS
3	9.30 CMS	9.50 CMS
4	11.50 CMS	7.50 CMS
5	4.00 CMS	9.00 CMS
6	3.00 CMS	7.30 CMS

CUADRO 14.- Longitudes de tallos y raíz, de las semillas normales (repetición)

No. DE SEMILLA	LONGITUD DEL TALLO	LONGITUD DE LA RAÍZ
1	10.00 CMS	10.50 CMS
2	11.00 CMS	8.00 CMS
3	6.00 CMS	4.00 CMS
4	3.00 CMS	6.30 CMS

Para los materiales sometidos a secuestradores de humedad, la toma de datos se realiza al 10° día pues al 7° no se detectan marcadamente las diferencias y al 14° día prolifera la contaminación además de no haber mayor diferenciación.

- Se siembro el taco con secuestrador de humedad (manitol a -5 bares), se obtuvo una germinación del **63%** y la repetición del **50%**.

CUADRO 15.- Longitudes de tallos y raíz de las semillas normales del testigo con agua.

No. DE SEMILLA	LONGITUD DE TALLO	LONGITUD DE LA RAÍZ
1	4.00 CMS	9.00 CMS
2	8.50 CMS	11.00 CMS
3	5.50 CMS	10.00 CMS
4	6.00 CMS	8.50 CMS
5	6.50 CMS	8.50 CMS
6	7.50 CMS	10.50 CMS
7	3.00 CMS	10.00 CMS
8	4.00 CMS	9.50 CMS

Resultados de la Encuesta realizada como modo de Aceptación a los Productos Alimenticios a base de sorgo VANSB-2000.

Los Resultados fueron los siguientes:

Pregunta 1.- ¿Cuál es el nombre del producto que se le dio a comer?

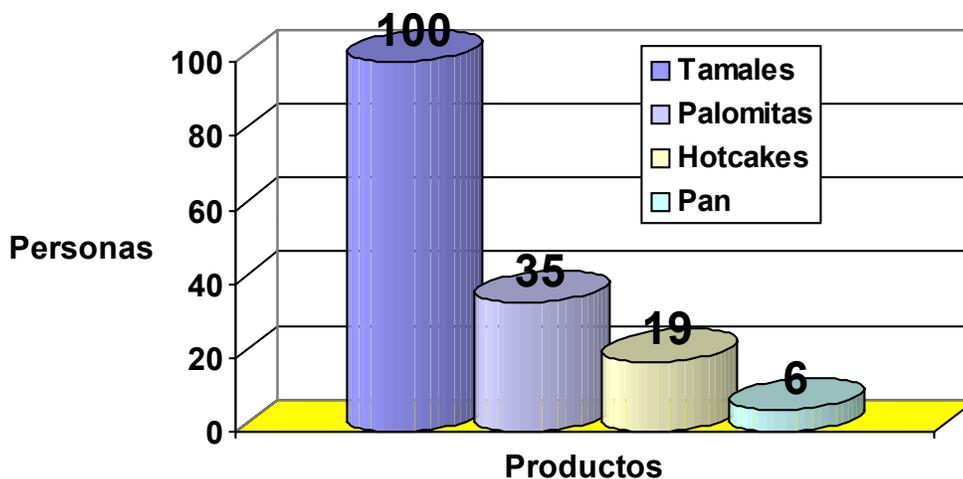


Figura 1.- Selección del producto alimenticio elaborado con grano o harina de sorgo

- **100** personas comieron el tamal, de las cuales:
- **35** personas comieron también palomitas.
- **19** personas comieron también hotcakes.
- **6** personas comieron también pastel.

Pregunta 2.- ¿Qué le ha parecido el sabor del producto que usted probó?

Explíquelo:

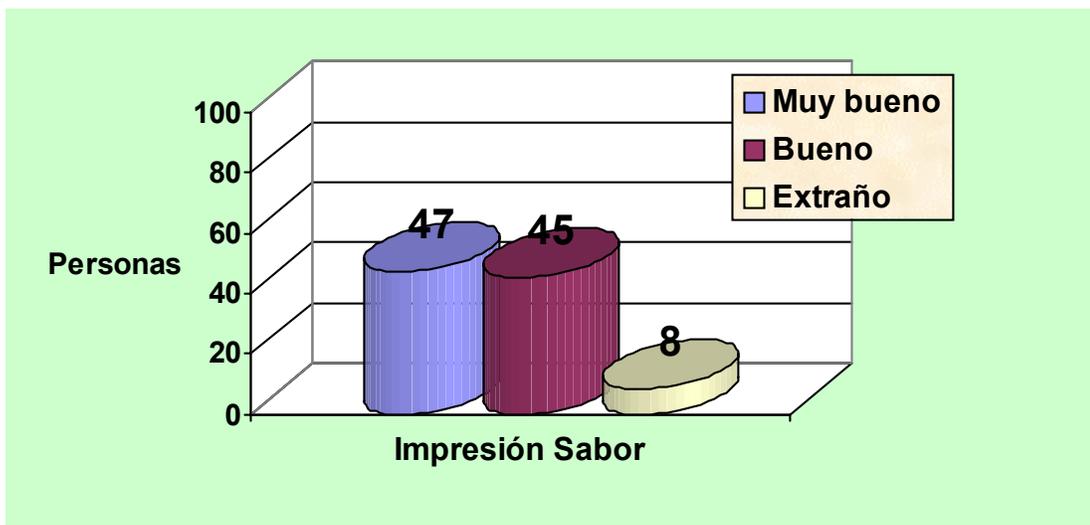


Figura 2.- Selección del producto en base al sabor:

- **47** Personas opinaron que el sabor es muy bueno.
- **45** Personas opinaron que el sabor es bueno.
- **8** Personas opinaron que el sabor es extraño.

Existieron algunos comentarios en estas respuestas.

- **Entre los que opinaron por muy bueno manifestaron lo siguiente:**
 - Sabe más rico que el maíz. **(80%)**

- No hay diferencia con el maíz. **(95%)**
 - El producto es sutil, delicado y sabroso. **(2 personas)**
 - Se siente mejor sabor en la boca que el sabor de los tamales comunes de maíz. **(15%)**
- **Entre los que opinaron por bueno manifestaron lo siguiente:**
- El sabor es igual al del maíz. **(50%)**
 - El sabor es parecido al convencional maíz. **(20%)**
 - Sabe bien a pesar que es sorgo. **(7%)**
 - Sabor inconfundible al paladar. **(3%)**
 - No se diferencia al del maíz. **(20%)**
- **Entre los que opinaron por extraño manifestaron lo siguiente:**
- Fibroso, suave, trigo mejorado. **(20%)**
 - Sabor difícil de expresar. **(35%)**
 - Igual que el maíz común pero con extra consistencia de fibra. **(35%)**
 - Muy nutritivo diferente al del tamal normal. **(10%)**

Pregunta 3.- ¿Con el sabor, usted puede saber qué cereal o grano fue utilizado para la fabricación de este alimento?

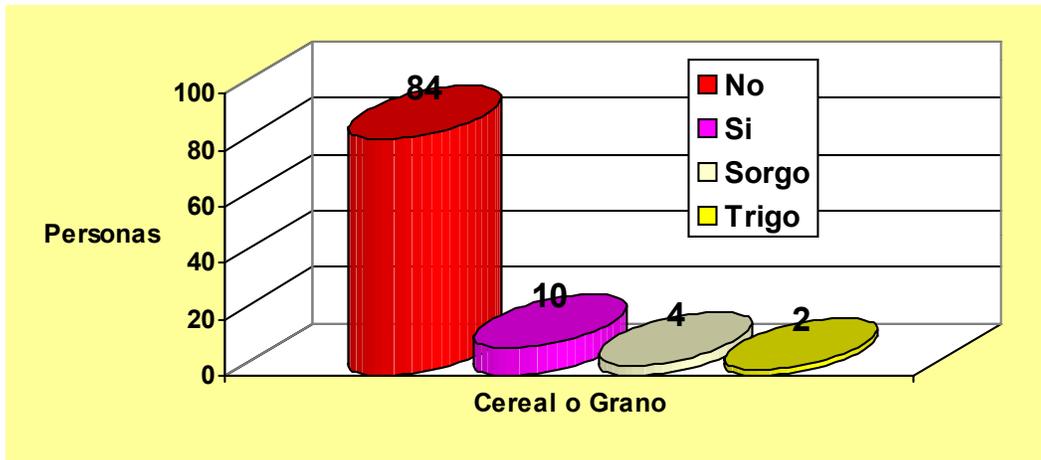


Figura 3.- Identificación del grano o harina utilizada en el producto:

- **84** Personas contestaron que NO.
- **10** Personas contestaron que Sí.
- **4** Personas contestaron que Sorgo.
- **2** Personas contestaron que Trigo.

Las personas que contestaron que **SI sabían**, dijeron al último que pensaron que era maíz, incluso las palomitas, por lo que les asombro saber que se trataba de **sorgo blanco**.

Pregunta 4.- ¿El sabor del producto es igual o parecido al sabor de otro producto que usted haya comido? Mencione:

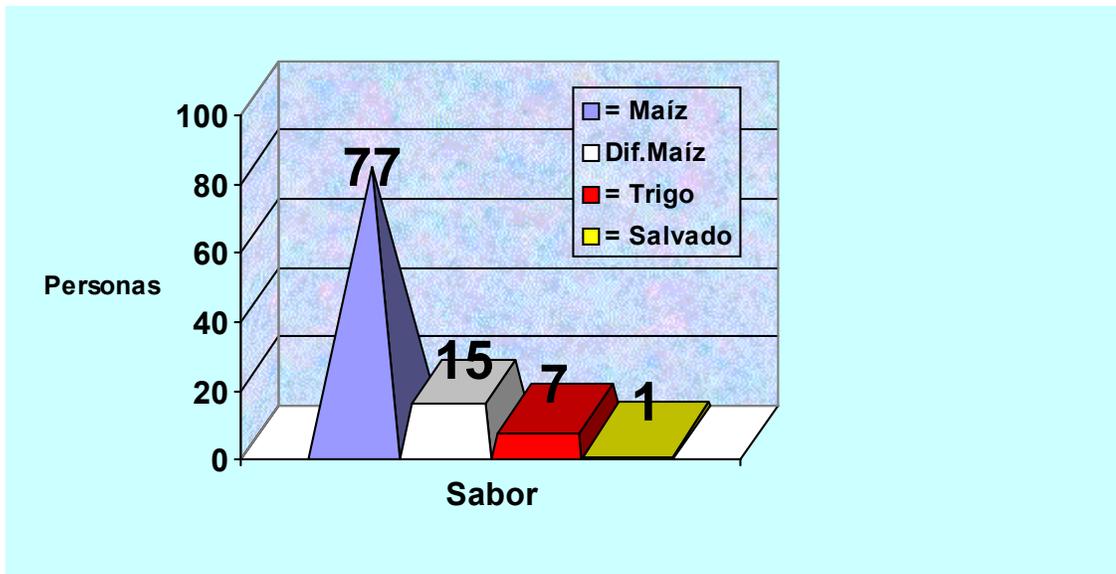


Figura 4.- Identificación del sabor del grano o harina del producto:

- **77** Personas contestaron que era igual al **maíz**
- **15** Personas contestaron que **el sabor era diferente.**
- **7** Personas contestaron que **el sabor era igual al trigo.**
- **1** Persona contesta que el **sabor era igual al salvado.**

Entre las personas que opinaron que el sabor era igual al maíz también manifestaron lo siguiente:

- Pero más sabroso.
- El sabor en el paladar se siente diferente.
- Es sabor con fibra.
- El producto no es tan masudo.

Entre las personas que opinaron que el sabor era diferente comentaron lo siguiente:

- Pero más sabroso que diferente.
- Es la primera vez que los pruebo.
- No es igual a ningún producto.

Pregunta 5.- ¿Le han dicho a usted cuál es la base de la elaboración del producto que ha comido?

- 100 Personas contestaron que si, ya que se les dijo de lo que se trataba

Pregunta 6.- ¿Si le ha gustado a usted el sabor del producto podría recomendarlo, y mencionar algunas otras formas de aplicar esta clase de harina en otros alimentos?

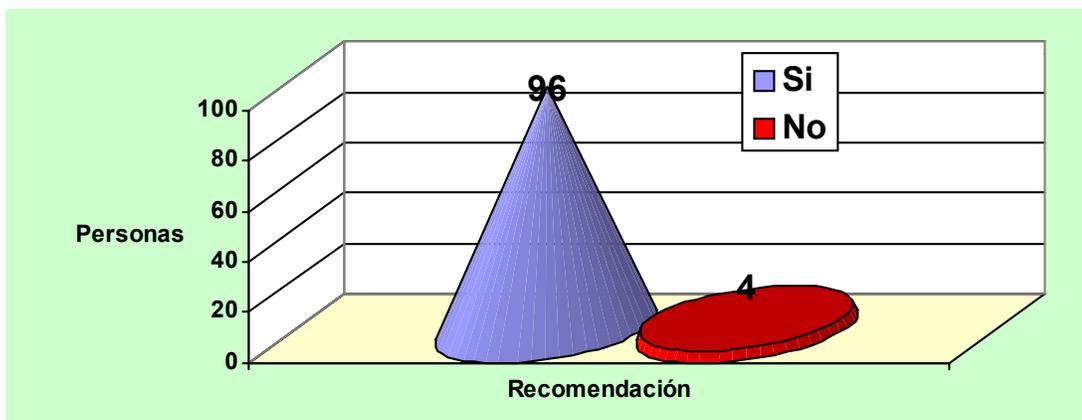


Figura 5.- Sugerencia de consumo del producto alimenticio.

- **96** Personas contestaron que SI les gusto el producto y lo Recomendarán.

- 4 Personas contestaron que **NO**.

Entre las personas que contestaron su efectiva recomendación manifestaron formas y opiniones de utilización.

- Pan, pan de caja, pan blanco, pan de cereal, pan de acero.
- Hotcakes.
- Empanadas, empanadas de atún.
- Granola de sorgo para yogurt.
- Gorditas.
- Tortillas.
- Pays.
- Tamales.
- Harina para Empanizar carne.
- Galletas
- Pastel.
- Atoles.
- Papillas.
- Licuados.
- En frutas con miel.
- Pastelillos.
- Tortitas.

- Pinole.
- Frituras.
- Tostadas.

COMENTARIOS.

- ❖ Ojalá que este producto se habilite en el medio rural y urbano, pero sobre todo el medio rural porque a parte de ser nutritivo es sabroso.
- ❖ Si es bueno en su calidad proteica puede servir para enriquecer tortillas, etc., para mejorar esos contenidos de aminoácidos y fibras.
- ❖ De hecho es conveniente recomendarlo por las propiedades que posee y lo ponen en ventaja sobre el cultivo del maíz.
- ❖ Podría utilizarlo para hacer alimentos integrales.
- ❖ Por supuesto que lo recomendaría por su valor y con el fin de apoyar los productos y tecnología mexicana.
- ❖ Si lo voy a recomendar ya que tiene el mismo sabor y más proteínas, que en todos los productos elaborados con maíz.
- ❖ Creo que ahora si que tenemos un gran sustituto del maíz.

Pregunta 7.- ¿Cuánto pagaría usted por el producto que le han dado a comer?

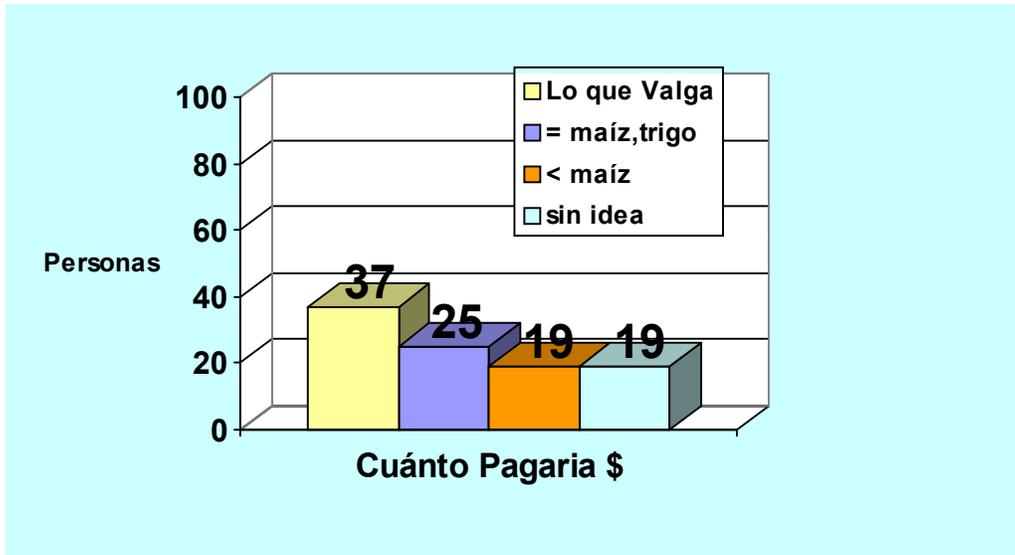


Figura 6.- De acuerdo a la aceptación el precio no representa problema y adquiere competencia en mercado

- ❖ 37 Personas contestaron, el precio que valgan.
- ❖ 25 Personas contestaron, el precio igual al maíz y trigo.
- ❖ 19 Personas contestaron, el precio menos que el maíz.
- ❖ 19 Personas contestaron, Que no tienen idea del precio.

Pregunta 8.- ¿Qué piensa acerca de las posibilidades de introducir esta clase de alimentación basada en sorgo blanco con potencial para el consumo humano al mercado actual?

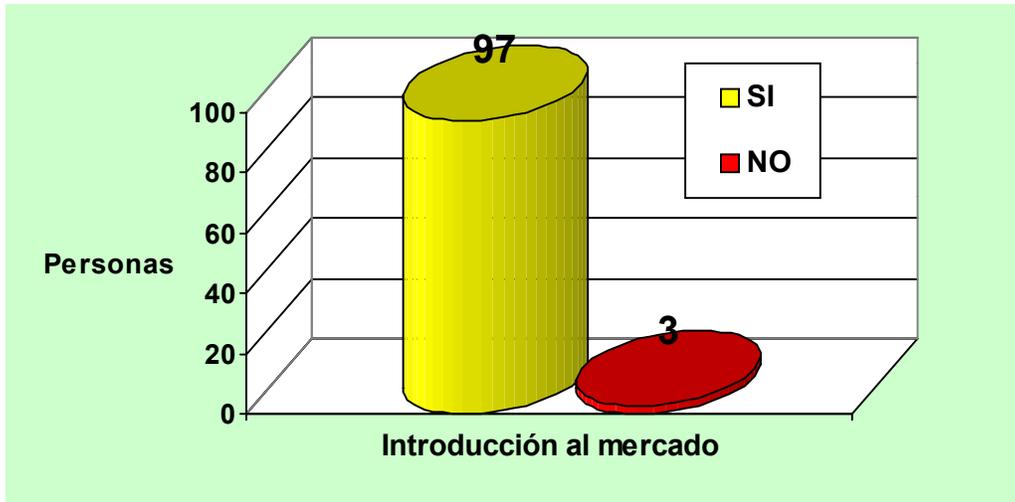


Figura 7.- Opciones de introducción al mercado, satisfacción por encontrar los productos alimenticios accesibles al consumidor.

- **97** Personas contestaron, que era una **buena opción**.
- **3** Personas contestaron, que era **mala opción**.

COMENTARIOS:

- ❖ Es muy buen proyecto para alimentar a los mexicanos.
- ❖ Muy bien puesto que es una alternativa más en las delicias culinarias y sobre todo por el potencial nutritivo que existe en el grano antes mencionado.
- ❖ De gran interés por las carencias que se presentan en el sector alimenticio.
- ❖ Seria bueno por que tendríamos más producción y además actualmente el maíz esta por las nubes y si este producto es más económico de seguro que tendría más demanda.

- ❖ Pienso que primero tendrían que educar al consumidor del porque es mejor este producto, y seria muy bueno en cuanto a la producción y rendimiento de este cultivo que se comercializara e introdujera a la elaboración de los productos en los cuales se utiliza el maíz, para aumentar su contenido proteico y de fibra.
- ❖ Existe un potencial bastante alto, con una definición de un proyecto integral desde la producción del grano hasta la comercialización del producto terminado.
- ❖ Seria una buena alternativa de consumo, solo faltaría cultura para utilizarlo.
- ❖ Es una buena opción para la mayor calidad en la nutrición de la población mexicana.
- ❖ Si se hacen demostraciones a grupos y se les proporcionan las recetas se haría mercado, Éxito, hacer campaña y tener asesoráis con ingenieros de su universidad en los ejidos.
- ❖ Es importantísimo ya que la producción de maíz va en decadencia y este grano sería un muy satisfactorio reemplazante del maíz.

CONCLUSIONES

Los resultados del análisis proximal demuestran que el grano de sorgo VANSB-2000 posee un elevado porcentaje de proteína, el cual se incrementa al entrar en proceso de nixtamalización.

Las mezclas de harina de sorgo blanco VANSB-2000 al (75%) con harina de trigo en (25%) permiten un mejor manejo de acuerdo al tipo y elaboración del producto alimenticio, tratándose sobre todo en productos de panificación.

La consistencia de los productos panificables elaborados en una mayor cantidad de harina de sorgo VANSB-2000 son verdaderamente aceptables, como lo muestra la encuesta realizada en expo-ambiente2001.

El público que fue invitado a degustar los productos elaborados con grano nixtamalizado o harina de sorgo ha mostrado una aceptación sobre ellos en un (96%).

La variedad de sorgo blanco que ha sido creada por el programa de mejoramiento genético a través de la investigación en materiales (híbridos) y ahora de acuerdo al potencial alimenticio, reúne características de explotación para el consumo humano a través de alimentos que las personas necesitan para su sobrevivencia y que son principales componentes en la dieta diaria para el hombre en diferentes países.

El sorgo es actualmente uno de los granos que puede tener mayor demanda en nuestro país gracias a este tipo de investigaciones, y como lo demuestra

la literatura del presente estudio podríamos tener en nuestras manos la solución a muchos de los problemas de desnutrición en los cuales están sumergidos los habitantes de México y los países subdesarrollados

CONCLUSIÓN DE LA ENCUESTA:

1. El tamaño de la muestra es pequeño pero satisfactorio por la opinión concreta del consumidor sobre las muestras que se le dio a probar.
2. El entrevistado se eligió al azar y tuvo oportunidad de probar diferentes productos hechos de sorgo.
3. La mayoría de los entrevistados desconocían que el sorgo pudiera utilizarse para consumo humano.
4. Los trabajos de mejoramiento genético para la formación de variedades e híbridos que podrán utilizarse para consumo humano deben ser una línea de investigación con potencial como alternativa alimenticia.
5. Los productos que fueron expuestos tuvieron el éxito esperado, y la aceptación de la gente fue sorprendente ya que algunas mostraban mucha curiosidad por la elaboración y recetas.

ANEXO DE RESETAS

RECETAS DE LOS PRODUCTOS ELABORADOS CON SORGO.

TAMALES DE SORGO MUY CASEROS HECHOS A LA CAMPESINA.

- La masa para tamales se prepara igual que la de maíz que se hace en el campo por cualquier señora del medio rural.
- Proceso de Nixtamalización del sorgo a la campesina: En un litro de agua se agrega una taza de cal, se mezcla y se deja reposar unos minutos.
- En un recipiente se pone el sorgo con suficiente agua, ahí se añade el agua que se dejó reposar (sin que se pase la cal excedente), se pone a hervir para la cocción que dura aproximadamente 2 y ½ horas a partir de que empieza a hervir.
- Se recomienda mover el sorgo y no dejar que se seque.
- Cuando ya está cocido se lava bien y se escurre, el sorgo ya cocido aumenta su tamaño al doble aproximadamente que cuando está crudo.
- Al molerlo, no se debe dejar muy molida la masa, porque queda muy chiclosa y es más difícil manejarla.
- **TAMALES:**
- 1 Kg. de masa de sorgo blanco. (VAN SB-2000)
- ¼ De Kg. de Manteca de Puerco.

- 1 Cucharada de Sal.
- 1 Cucharada de Rexal
- Y Caldo. (si es necesario)

HOTCAKES DE SORGO A LA MANTEQUILLA:

- $\frac{3}{4}$ De taza de harina de sorgo.
- $\frac{1}{2}$ De taza de harina preparada para Hotcakes.
- 1 huevo.
- 1 cucharada de mantequilla.
- $\frac{3}{4}$ De taza de leche.
- $\frac{1}{4}$ De cucharadita de vainilla.

❖ PASTEL DE SORGO.

- 2 tazas de harina de sorgo.
- 2 tazas de harina preparada para pastel.
- $1\frac{1}{2}$ tazas de leche.
- 2 cucharadas de Rexal.
- $\frac{3}{4}$ Taza de aceite.

PALOMITAS DE SORGO.

Se coloca el grano de sorgo (VANSB-2000) a Pre-humedecerse por 1 minuto en agua, se escurre la semilla en un colador a que se seque completamente, próximamente agregan los granos de sorgo a una mezcla de aceite con 2 cucharadas de mantequilla ó bien solamente mantequilla si así lo deseas, cuando estos estén bien calientes, y nunca se deja de menear la palomera u olla.

BIBLIOGRAFIA

- Ahuja, V.P., Singh, J. and Naik, M.S. 1970. Aminoacid balance of proteins of maizc and sorghum. Indian .1. Genet. Plant Breed. 30: 727-731.
- Aguadelo, R.A; Alarcon O.M 1998. El eliminación de taninos y el mejoramiento de la digistestabilidad de proteína del sorgo. Laboratorio de tecnologia de alimentos, Escuela de Nutrición, universidad de los Andes Merida Venezuela. Journal of Science 1998.25: 105-123
- Agrawual P; y Chitnis O; (1995). Los efectos de diferentes tratamientos sobre potacio, fosforo, taninos y digestibilidad de proteína in vitro de grano de sorgo. Departamento de ciencia domestica Universidad de agricultura y tecnologia, Kapur India. 46: 350 -358.
- Ali, H.I. and Harland, B.F. 1991. Effects of fibre and phytate in sorghum flour in weaning rats: a pilot study. Cereal Foods World 36: 254. (Resumen).
- Almeida-Dominguez, H.D., Serna-Saldivar, S.O. and Rooney, L.W. 1991. Properties of new and commercial sorghum hybrids for use in alkaline-cooked foods. Cereal Chem. 68: 25-30.
- Alvarado S., M. E. 1996 Selección de Líneas de Maíz en Función a su Capacidad de Germinación en Presencia de secuestradores de Humedad. Tesis de Licanciatura U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo Coaguila., México.
- Alvarez Venegas R; y Castellanos Molina R. 1998. Cambios en algunos factores antifisiologicos y nutritivos de las semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) durante la germinación. Centro de investigación y estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Dpto de Biotecnología y bioingeniería, México. Jurnal of Science 1998, 28: 36-39.
- A.O.A.C. 1980, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytic Chemists 13th Washington, D.C., U.S.A.
- Asquith, T.N. and Butler,L.C.1986. Interaction of condensed tannins with selected proteins. Phytochemistry. 25: 1591-1593.
- Au, P.M. and Fields, M.L. 1981. A research note on nutritive quality of fermented sorghum. J. Food Sci., 46: 652-654.
- Axtell, J.D., Kirleis, A.W., Hassen, M.M., D'Croz Mason, N., Mertz, E.T. and Munck, L. 1981. Digestibility of sorghum proteins. Proc . Natl. Acad. Sci . USA, 78: 13331335.

- Bach Knudsen, K.E., Munck, L. and Eggum, B.O. 1988. Effect of cooking, pH and polyphenol level on carbohydrate composition and nutritional quality of a sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) food, ugali. Br. J. Nutr., 59: 31-47.
- Butler, L.G., Riedl, D.J., Lebryk, D.G. and Blytt, H. J. 1984. Interaction of proteins with sorghum tannin: mechanism, specificity and significance. J. Am Oil Chem. Soc., 61: 916-920
- Bustamante, G.L. 1995. Taller de Calidad de Semillas. Memorias del VIII Curso De Actualización en Tecnología de Semillas. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Caster, J.P.J., de Paepe, G., Willems, H., Goffings, G. & Noppen, H. 1977. Bread from starchy tropical crops. II. Bread production from pure millet and sorghum flours, using cereal endosperm-cellwall-pentosan as a universal baking factor. In Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food, D.A.V. Dendy, éd. Vienne, 11-12 Mai 1976, p 127-131. Londres, Institut des produits tropicaux.
- Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS UAAAN 2000) Curso Manejo de Poscosecha p. 60 -72
- Chandrashekar, A. and Desikachar, H.S.R. 1986 Sorghum quality studies Part 11. Suitability for making dumpling (mudde). J. Food Sci. Technol., 23: 7-
- Chevassus-Agnes, S., Favier, J.C. and Joseph, A. 1976 Traditional technology and nutritive value of sorghum beer in Cameroon. Cah. Nutr. Diet. 11: 89-104
- Chibber, B.A.K., Mertz, E.T. and Axtell, J.D. 1978. Technologie traditionnelle et valeur nutritive des «bières» de sorgho du Cameroun [Effects of dehulling on tannin content protein distribution and quality of high and low tannin sorghum J. Agric Food Chem., 26: 679-683.
- Chitsika, J.M. and Mudimbu, M.W. 1992. Quality criteria for opaque beer in Zimbabwe In Utilization of sorghum and millets M.I. Gomez, L R. House, L W. Rooney and D.A V. Dendy, eds. p. 151-155 Patancheru, Inde ICRISAT.
- Choto, C.E., Morrad, M.M. and Rooney, L.W. 1985 The quality of tortillas containing whole sorghum and pearled sorghum alone and blended with yellow maize Cereal Chem. 62: 51-55.
- Cornu, A. and Delpuch, F. 1981 Effect of fibre in sorghum on nitrogen digestibility Am J. Clin. Nutr. 34: 2454-2459.

- Deosthale, Y.G. and Belavady, B. 1978. Mineral and trace element composition of sorghum grain: effect of variety, location and application of the nitrogen fertilizer. *Indian J. Nutr. Diet.* 15: 302-308.
- Deosthale, Y.G., Visweswar Rao, K. & Pant, K.C. 1972. Influence of the levels of N fertilizer on the yield, protein and amino acids of pearl-millet (*Pennisetum typhoides* (Burm. f.) Stapf and C.E. Hubb.). *Indian J. Agric. Sci.* 42: 872-876.
- Dewalt, K.M. and Thompson, K.S. 1983. Sorghum and nutritional strategies in southern Honduras. *Pract. Anthropol.*, 5: 5-16.
- de Wit, J.P. and Schweigart, F. 1970. The potential role of pearl millet as a food in South Africa.. *S. Afr. Med. J.* 44: 364-366.
- Earp, C.F., Doherty, C.A., Fulcher, R.G. and Rooney, L.W. 1983. Beta-Glucans in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L) Moench. *Food Microstruc.* 2: 183-188.
- Freeman, J.E., Kramer, N.W. and Watson, S.A. 1968. Gelatinization of starches from corn (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Effects of genetic and environmental factors. *Crop. Sci.* 8: 409-413.
- Frey, K.J. 1977. Protein of oats. *Z. Pflanzenzücht.* 78: 185-215.
- García, H.M.E. 1984, Desarrollo de Tecnología para Calidad Nixtamalera de Maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestria en Fitimejoramiento. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- González G., D.F. 1999, Selección de Maíces Forrajeros Para Tolerancia a Sequía Mediante Secuestradores de Humedad. Tesis de Licenciatura U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Graham, G.G., MacLean, W.C. Jr, Morales, E., Hamaker, B.R., Kirleis, A.W., Mertz, E.T. and Axtell, J.D. 1986. Digestibility and utilization of protein and energy from Nasha, a traditional Sudanese fermented sorghum weaning food. *J. Nutr.* 116: 978-984.
- Griffths, D.W. 1985. The inhibition of digestive enzymes by polyphenolic compounds. *Exp. Biol. Med.* 199 504-516.
- Hamaker, B.R., Kirleis, A.W., Mertz, E.T. and Axtell, J.D. 1986. Effect of cooking on the protein profiles and in vitro digestibility of sorghum and maize. *J. Agric. Food Chem.* 34: 647-649.
- Hubbard, J.E., Hall, H.H. and Earle, F.R. 1950. Composition of the component parts of the sorghum kernel. *Cereal Chem.* 27: 415-420.

- Hulse, J.H., Laing, E.M. and Pearson, O.E. 1980. Sorghum and the millets: their composition and nutritive value. New York, Academic Press. 997 p.
- Iyakaremye, C. and Twagirumukiza, E. 1978. Note on the brewing value of sorghum. Bull. Agric. Rwanda. 11: 35-41.
- Jambunathan, R. 1980. Improvement of the nutritional quality of sorghum and pearl millet. Food Nutr.: Bull. 2: 11-16
- Jambunathan, R., Singh, U. and Subramanian, V. 1984. Grain quality of sorghum, pearl millet, pigeonpea and chickpea. In Interfaces between agriculture nutrition and food science. Proceedings of a workshop, Patancheru, India, 10-12 novembre 1981 K.T. Achaya, éd. p. 4760. Tokyo, Japon, Université des Nations Unies.
- Kamath, M.V. and Belavady, B. 1980. Unavailable carbohydrates of commonly consumed Indian foods. J. Sci. Food Agric., 31:194-202.
- Karim, A. and Rooney, L.W. 1972. Characterization of pentosans in sorghum grain. J. Food Sci., 37: 369-371.
- Kazanas, N. and Fields, M.L. 1981. Nutritional improvement of sorghum by fermentation. J. Food Sci., 46: 819-821.
- Kebede-B; Urga-K. 1995 Los efectos de metodos tradicionales de preparación alimentaria sobre el acido fitico en el grano de sorgo. Sinet, an Ethiopia Journal of Science. 1995,18; 2, 207-220;
- Kurien, P.P., Narayanarao, M., Swaminathan, M. & Subrahmanyam, V. 1960. The metabolism of nitrogen, calcium and phosphorus in undernourished children. 6. The effect of partial or complete replacement of rice in poor vegetarian diets by kaffir corn (Sorghum vulgare). Br. J. Nutr. 14: 339-345.
- MacLean, W.C. Jr, López de Romana, G., Gastanaduy, A. and Graham, G.G. 1983. The effect of decortication and extrusion on the digestibility of sorghum by preschool children. J. Nutr. 113: 2071-2077.
- Mbofung, C.M.F. and Ndjouenkeu, R. 1990. Influence of milling method and peanut extract on in vitro iron availability from maize and sorghum flour gruels. J. Food Sci., 55: 1657-1659,
- Manual. 1987 Curso Teórico Práctico.
Introducción al análisis cuantitativo y análisis proximal.
M.C. Rosalinda Mendoza Villareal.

- McNeill, J.W., Potter, G.D., Riggs, J.K. and Rooney, L.W. 1975. Chemical and physical properties of processed sorghum grain carbohydrates. *J. Anim. Sci.*, 40: 335-341.
- Mertz, E.T., Hassen, M.M., Cairns-Whittern, C., Kirleis, A.W., Tu, L. and Axtell, J.D. 1984. Protein digestibility of proteins in sorghum and other major cereals. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 81: 1-2.
- Miche, J.C., Alary, R., Jeanjean, M.F. and Abecassis, J. 1977. Potential use of sorghum grains in pasta processing. In *Proceedings of a symposium on sorghum and millets for human food*, D.A.V. Dendy, éd. Vienne, 11 - 12 mai 1976. Londres, Institut des produits tropicaux.
- Murty, D.S. and Subramanian, V. 1982. Sorghum roti. 1. Traditional methods of consumption and standard procedures for evaluation. In *Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality* L.W. Rooney & D.S. Murty, éd. Hyderabad, Inde, 28-31 octobre 1981, p 73-78. Patancheru, Inde, ICRISAT.
- Mwasaru, M.A., Reichert, R.D. and Mukuru, S.Z 1988. Factors affecting the abrasive dehulling efficiency of high-tannin sorghum. *Cereal Chem.* 65: 171-174.
- Nicol, B.M. and Phillips, P.G. 1978. The utilization of proteins and amino acids in diets based on cassava (*Manihot utilissima*) rice or sorghum (*Sorghum sativa*) by young Nigerian men of low income. *Bn. J. Nutr.*, 39: 271-287.
- Obilana, A.T. 1985. Sorghum for industrial use: approach towards crop improvement in an economically changing Nigeria. Paper presented to the Food Industrialists at Cadbury Nigeria Ltd, Lagos, Nigéria, p. 35-39.
- Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 1975. 10th Edition Published by the Association of Official Agricultural Chemists. Washington D.C.
- Ohiokpehai y Kebile 1998. Estudios sobre producto de sorgo en Botswana Africa. Editorial SADC-ICRISAT , 235-247; 21
- Orizoba, I.C. and Atii, J.V. 1991. Effect of soaking, sprouting, fermentation and cooking on nutrient composition and some anti-nutritional factors of sorghum (Guinea) seeds. *Plant Foods Hum. Nutr.* 41: 203-212.
- Okafor, N. and Aniche, G.N. 1987. Studies on the brewing of lager beer from Nigerian sorghum. *J. Food Sci. Technol.*, 24: 131-134.
- Okeiyi, E.C. and Futrell, M.F. 1983. Evaluation of protein quality of formulations of sorghum grain flour and legume seeds. *Nutr. Rep. Int.* 28: 451-461.

- Olatunji, O., Adesina, A.A. and Koleoso, O.A. 1989. Use of sorghum as composite flour in baking Paper presented at the Symposium on the Current Status and Potential of Industrial Uses of Sorghum in Nigeria, Kano, Nigeria, 4-6 décembre. P. 158-164.
- Peretti, A. 1994. Manual para Análisis de Semillas. Hemisferio Sur.
- FAO, Roma. 1990 - 2000. El Sorgo y el mijo en la nutrición humana In: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. FAO (ed) Alimentación Nutrición No. 27, ISBN92-5-303381-9 Código FAO: 80 AGRIS S01.
- Pedersen, B. and Eggum, B.O. 1983. The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. 6. Sorghum. Qual Plant. Plant Foods Hum. Nutr. 33: 313-326.
- Price, M.L., Hagerman, A.E. and Butler, L.G. 1980. Tannin in sorghum grain: effect of cooking on chemical assays and on antinutritional properties in rats. Nutr. Rep. Int. 21: 761-767.
- Pushpamma, P. 1990. Importance of sorghum as food in Asia. In. Proceedings of the International Conference on Sorghum Nutritional Quality G. Ejeta, E.T. Mertz, L.W. Rooney, R. Schaffert and J. Yohe, eds. 26 février - 1er Mars 1990, p.229-241. West Lafayette, Indiana, Etats-Unis, Purdue University.
- Radhakrishnan, M.R. and Sivaprasad, J. 1980. Tannin content of sorghum varieties and their role in iron bioavailability. J. Agric. Food Chem. 28: 55-57.
- Ring, S.H., Akingbala, J.O. and Rooney, L.W. 1982. Variation in amylose content among sorghums. In Proceedings of the International Symposium on Sorghum Grain Quality L.W. Rooney and D.S. Murty, eds. Hyderabad, Inde, Octobre 1981, p. 269-279. Patancheru, Inde, ICRISAT.
- Rooney, L.W. 1978. Sorghum and pearl millet lipids. Cereal Chem. 55: 584-590.
- Rooney, L.W. and Serna-Saldivar, S.O. 1991. Sorghum. In Handbook of cereal science and technology p. K.J. Lorenz & K. Kulp, eds. 233-269. New York, Marcel Dekker.
- Ross M. W., and Wall S. Joseph (1975) Producción y usos del sorgo. Editorial Hemisferio sur. Pag. 69-101.

- Salunkhe, D.K., Chavan, J.K. and Kadam, S.S. 1990. Dietary tannins: consequences and remedies.. Boca Raton, Floride, Etats-Unis, CRC Press. p 122-123
- Sarita-Srivastava (1998). El uso del malteado de sorgo en harina como aliemento suplementario para niños. *Crop Sci*: 28: 220-251
- Sankara Rao, D.S. and Deosthale, Y.G. 1980. Effect of pearling on mineral and trace element composition and ionizable iron content of sorghum. *Nutr. Rrp. Int.*, 22: 723-728
- Singleton, V.L. and Kratzer, F.H. 1973. Plant phenolics. In *Toxicants* p. 309-345. Washington, DC, National Research Council, National Academy of Sciences.
- Subramanian, V. And Jambunathan, R. 1982. Properties of sorghum grain and their relationchips to roti quality. In *Proceedings at the Intenational Symposium on Sorghum Grain Quality* L.W. Rooney and D.S Murty, eds. Hyderabad, Inde, 28-31 Octobre ¡981, p. 280-288. Patacheru, inde, ICRIAT.
- Trowell, H. 1976. Definition of dietary fiber and hypothesis that it is a protective factor in certain diseases. *Am. J. Clin. Nutr.* 29: 417-427.
- United States National Research Council/National Academy of Scinces. 1982. *United States Canadian tables of fred composition*. Washinton, DC, National Academy Press. 3e rev.
- Vega S., M. C., Arreola G., J., Burciaga V., G. A. Instructivo de toma de datos en Experimentos de maíz. Programa de mejoramiento genético en maíz, Instituto Mexicano del Maíz "Dr. Mario E Castro Gil" U.A.A.A.N., Buenavista, Saltillo, Coahuila México.
- Wang, C., Mitchell, H.C. and Barham, H.N. 1959. The phytin content of sorghum grain. *Trans. Kans. Acad. Sci.* 62: 208-211.
- Warsi, A.S. and Wright, B.C. 1973. Effects of rates and methods of nitrogen application on the quality of sorghum grain. *Indian J. Agric. Sci.*, 43: 722-726.
- Whitaker, M.E. and Tanner, M. 1989. Methods of determining the bioavailability of amino acids for poultry. In *Absorption and utilization of amino acids*, M. Friedman, éd Vol. 3, p. 129-141 Boca raton, Floride, etats-Unics, CRC Press.